**UNIVERSAITATEA DE ŞTIINŢE AGRONOMICE ŞI MEDICINĂ VETERINARĂ BUCUREŞTI**

**Departamentul de Învăţământ la Distanţă**

**Conf.dr.ing.ELENA CONSTANTIN**

# ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

**- BUCUREŞTI –**
**2011**

# CUPRINS


| | | |
|---|---|---|
| **UNITATEA DE ÎNVĂŢARE – I** OBIECTUL DISCIPLINEI DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE | | 4 |
| 1.1. | Scopul şi rolul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare în dezvoltarea durabilă a spaţiului rural | 4 |
| | 1.1.1. Fondul funciar al României | 4 |
| | 1.1.2. Scopul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare | 5 |
| | 1.1.3. Caracterizarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare | 5 |
| 1.2. | Istoricul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare | 7 |
| | 1.2.1. Istoricul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare pe plan mondial | 7 |
| | 1.2.2. Istoricul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare în România | 8 |
| 1.3. | Categorii de lucrări de îmbunătăţiri funciare | 9 |
| 1.4. | Potenţialul, evoloţia şi situaţia lucrărilor de îmbunătăţiri funciare | 11 |
| | 1.4.1. Terenuri interesate pentru irigaţii | 11 |
| | 1.4.2. Terenuri interesate pentru lucrări de îndiguire şi combaterea excesului de umiditate | 13 |
| | 1.4.3. Terenuri interesate pentru lucrpri de combaterea eroziunii solului | 16 |
| **UNITATEA DE ÎNVĂŢARE – II** NOŢIUNI DE HIDRAULICĂ, HIDROLOGIE ŞI HIDROGEOLOGIE | | 19 |
| 2.1. | Noţiuni de hidraulică | 19 |
| | 2.1.1. Noţiuni de hidrostatică | 20 |
| | 2.1.2. Noţiuni de hidrodinamică | 24 |
| 2.2. | Noţiuni de hidrologie | 30 |
| | 2.2.1. Definiţie. Generalităţi | 30 |
| | 2.2.2. Circuitul apei în natură | 31 |
| 2.3. | Noţiuni de hidrografie | 44 |
| | 2.3.1. Bazinul hidrografic | 44 |
| | 2.3.2. Reţeaua hidrografică | 46 |
| 2.4. | Noţiuni de hidrometrie | 48 |
| | 2.4.1. Elemente de hidrologia râurilor | 48 |
| | 2.4.2. Staţii hidrometrice | 51 |
| 2.5. | Noţiuni de hidrogeologie | 53 |
| | 2.5.1. Definiţie. Generalităţi | 53 |
| | 2.5.2. Clasificarea şi distribuţia pe verticală a apelor subterane | 54 |
| | 2.5.3. Regimul apelor freatice | 56 |
| | 2.5.4. Circulaţia apelor subterane | 57 |
| | 2.5.5. Hidrometria apelor subterane | 58 |
| | 2.5.6. Prognoza nivelului apei freatice | 62 |
| **UNITATEA DE ÎNVĂŢARE – III** COMBATEREA EROZIUNII SOLULUI | | 65 |
| 3.1. | Aspecte generale privind eroziunea solului | 65 |
| | 3.1.1. Consecinţele eroziunii solului | 66 |
| | 3.1.2. Mecanismul procesului de eroziune | 69 |
| | 3.1.3. Definirea procesului de eroziune | 71 |
| | 3.1.4. Clasificarea eroziunii solului | 72 |
| | 3.1.5. Factorii favorizanţi ai eroziunii solului | 73 |
| | 3.1.6. Estimarea cantitativă a eroziunii solului . Ecuaţia universală a eroziunii | 80 |
| | 3.1.7. Eroziunea admisibilă (tolerabilă) | 87 |
| 3.2. | Prevenirea şi combaterea eroziunii solului pe terenurile cu folosinţă agricolă | 87 |

| | | |
|---|---|---|
| | 3.2.1. Criterii privind alegerea lucrărilor de combaterea eroziunii solului | 87 |
| | 3.2.2. Clasificarea lucrărilor antierozionale ..... | 88 |
| 3.3. | Prevenirea şi combaterea eroziunii solului pe terenurile arabile ..... | 90 |
| | 3.3.1. Organizarea antierozională a terenurilor arabile ..... | 90 |
| | 3.3.2. Principii privind organizarea interioară a terenului arabil ..... | 91 |
| | 3.3.3. Măsuri agrofitotehnice pe terenurile în pantă ..... | 94 |
| | 3.3.4. Sisteme antierozionale de amplasarea culturilor pe versanţi ..... | 94 |
| | 3.3.5. Lucrări hidrotehnice în amenajarea antierozională a terenurilor arabile | 97 |
| 3.4. | Prevenirea şi combaterea eroziunii solului în plantaţiile de viţă de vie ..... | 101 |
| | 3.4.1. Organizarea teritoriului în plantaţiile viticole ..... | 101 |
| | 3.4.2. Lucrări antierozionale în plantaţia viticolă ..... | 104 |
| 3.5. | Prevenirea şi combaterea eroziunii solului în plantaţiile pomicole ..... | 112 |
| | 3.5.1.Organizarea teritoriului în plantaţiile pomicole ..... | 112 |
| | 3.5.2.Lucrări antierozionale în plantaţiile pomicole ..... | 113 |
| 3.6. | Prevenirea şi combaterea eroziunii solului pe păşuni ..... | 114 |
| | 3.6.1. Organizarea teritoriului ..... | 115 |
| | 3.6.2. Măsuri pentru îmunătăţirea covorului vegetal ..... | 115 |
| | 3.6.3. Lucrări speciale pentru reţinerea apei ..... | 115 |
| 3.7. | Combaterea eroziunii în adâncime ..... | 116 |
| | 3.7.1. Formaţiunile eroziunii în adâncime şi dezvoltarea lor ..... | 116 |
| | 3.7.2. Părţile componente ale formaţiunilor torenţiale ..... | 117 |
| | 3.7.3. Lucrări transversale de reducerea pantei formaţiunilor torenţiale ..... | 118 |
| **UNITATEA DE ÎNVĂŢARE – IV**<br>AMENAJAREA TERENURILOR AGRICOLE CU LUCRĂRI DE IRIGAŢII | | 125 |
| 4.1. | Sistemul sol-apa-plantă-atmosferă ..... | 125 |
| | 4.1.1. Aprovizionarea plantelor cu apă ..... | 126 |
| | 4.1.2. Accesibilitatea apei pentru plante ..... | 126 |
| | 4.1.3. Consumul de apă al plantelor irigate ..... | 127 |
| 4.2. | Regimul de irigaţie ..... | 128 |
| | 4.2.1. Bilanţul apei în sol ..... | 128 |
| | 4.2.2. Norma de irigaţie ..... | 130 |
| | 4.2.3. Norma de udare ..... | 130 |
| | 4.2.4. Momentul udării şi intervalul dintre udări ..... | 131 |
| | 4.2.5. Debitul specific de udare ..... | 131 |
| | 4.2.6. Debitul de dimensionare a reţelei. Hidromodulul de irigaţie ..... | 132 |
| | 4.2.7. Graficul necoordonat şi coordonat al udărilor ..... | 133 |
| 4.3. | Sistemul de irigaţie ..... | 134 |
| | 4.3.1. Componentele sistemului de irigaţie ..... | 135 |
| | 4.3.2. Clasificarea sistemelor de irigaţie ..... | 136 |
| | 4.3.3. Studii şi cercetări necesare amenajărilor pentru irigaţii ..... | 137 |
| 4.4. | Surse de apă şi calitatea apei de irigaţii ..... | 139 |
| | 4.4.1. Surse de apă pentru irigaţii ..... | 139 |
| | 4.4.2. Calitatea apei pentru irigaţii ..... | 140 |
| 4.5. | Prize de apă pentru irigaţii ..... | 146 |
| 4.6. | Metode de udare ..... | 147 |
| | 4.6.1. Clasificarea metodelor de udare ..... | 147 |
| | 4.6.2. Criterii pentru alegerea metodei de udare..... | 149 |
| 4.7. | Tehnica irigaţiei prin aspersiune ..... | 151 |
| | 4.7.1. Avantajele şi dezavantajele metodei de udare prin aspersiune ..... | 151 |
| | 4.7.2. Descrierea instalaţiei de udare prin aspersiune ..... | 151 |

| | | |
|---|---|---|
| | 4.7.3. Clasificarea şi descrierea echipamentelor de udare prin aspersiune ..... | 153 |
| | 4.7.4. Elemente tehnice şi indicii de calitate ai udării prin aspersiune ..... | 159 |
| 4.8. | Udarea localizată prin picurare ..... | 163 |
| | 4.8.1. Generalităţi privind irigaţia localizată ..... | 163 |
| | 4.8.2. Avantaje şi dezavantaje ale metodei de udare prin picurare ..... | 165 |
| | 4.8.3. Componenţa unei instalaţii de irigare prin picurare ..... | 166 |
| | 4.8.4. Alegarea tipului de picurătoare ..... | 168 |
| | 4.8.5. Determinarea consumului şi stabilirea necesarului de apă la udarea prin picurare ..... | 168 |
| | 4.8.6. Calculul elementelor regimului de irigare prin picurare ..... | 171 |
| | 4.8.7. Elemente tehnice ale metodei de udare prin picurare ..... | 172 |
| | 4.8.8. Calitatea udării prin picurare . Uniformitatea udării ..... | 174 |
| | 4.8.9. Tipuri de amenajări pentru metode de udare prin picurare ..... | 175 |
| 4.9. | Reţele de conducte sub presiune în sistemele de irigaţii ..... | 175 |
| | 4.9.1. Tipuri de reţele de conducte subterane ..... | 175 |
| **UNITATEA DE ÎNVĂŢARE – V** AMENAJĂRI PENTRU COMBATEREA EXCESULUI DE APĂ | | 179 |
| 5.1. | Necesitatea şi oportunitatea lucrărilor de drenaj ..... | 179 |
| | 5.1.1. Cauzele excesului de umiditate ..... | 180 |
| | 5.1.2. Factorii favorizanţi ai excesului de umiditate ..... | 184 |
| | 5.1.3. Definirea stării de exces de umiditate a solului ..... | 185 |
| | 5.1.4. Efectele excesului de apă asupra solului, plantelor şi tehnologiilor de cultură ..... | 186 |
| | 5.1.5. Efectul eliminării excesului de apă de pe terrenurile agricole ..... | 188 |
| | 5.1.6. Zonarea teritoriului agricol în funcţie de excesul de apă şi săruri din sol | 188 |
| 5.2. | Studii necesare proiectării amenajărilor de drenaj ..... | 189 |
| | 5.2.1. Studii climatice ..... | 189 |
| | 5.2.2. Studii topografice ..... | 190 |
| | 5.2.3. Studii hidrologice şi hidraulice ..... | 191 |
| | 5.2.4. Studii hidrogeologice ..... | 191 |
| | 5.2.5. Studii pedologige ..... | 192 |
| | 5.2.6. Studii geotehnice ..... | 194 |
| | 5.2.7. Studii agro-economice ..... | 194 |
| | 5.2.8. Studiul resurselor locale de materiale de construcţie ..... | 194 |
| | 5.2.9. Alte studii ..... | 194 |
| 5.3. | Proiectarea lucrărilor principale de drenaj ..... | 195 |
| | 5.3.1. Drenajul de suprafaţă ..... | 196 |
| | 5.3.1.1. Trasarea reţelei de canale ..... | 196 |
| | 5.3.1.2. Calculul debitelor şi volumelor de apă de evacuat ..... | 200 |
| | 5.3.1.3. Dimensionarea canalelor de drenaj ..... | 217 |
| | 5.3.2. Drenajul subteran ..... | 223 |
| | 5.3.2.1. Pătrunderea apei în drenurile tubulare subterane ..... | 223 |
| | 5.3.2.2. Adâncimea de pozare a drenurilor orizontale ..... | 226 |
| | 5.3.2.3. Calculul distanţei dintre drenuri – regim de curgere permanent ... | 227 |
| | 5.3.2.4. Stabilirea distanţei dintre drenuri pe cale experimantală ..... | 229 |
| | 5.3.2.5. Reţele de drenuri subterane orizontale ..... | 230 |
| | 5.2.3.6. Dimensionarea hidraulică a drenurilor tubulare subterane ..... | 231 |
| | 5.2.3.7. Materiale utilizate în drenajul subteran ..... | 233 |
| | 5.3.2.8. Filtre pentru drenuri ..... | 235 |

# UNITATEA DE ÎNVĂŢARE - I
# OBIECTUL DISCIPLINEI DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

**Cuvinte cheie**: lucrări de îmbunătăţiri funciare, spaţiu rural, fond funciar, dezvoltare durabilă

**Rezumat:**

Îmbunătăţirile funciare cuprind un ansamblu de lucrări tehnice şi agropedoameliorative care urmăresc valorificarea agricolă a unor terenuri neproductive sau slab productive, crearea şi menţinerea unui raport favorabil între apă şi aer. Pe terenurile agricole, conservarea solului şi prevenirea eroziunii hidrice şi eoliene, etc.

Principalele amenajări de îmbunătăţiri funciare sunt: de irigaţii, de desecare şi drenaj, de combatere a eroziunii solului şi ameliorarea terenurilor alunecate, înfiguiri şi regularizări ale cursurilor de apă, amenajări pedoameliorative, silvice.

## 1.1. SCOPUL ŞI ROLUL LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE ÎN DEZVOLTAREA DURABILĂ A SPAŢIULUI RURAL

Practicarea unei agriculturi moderne de înalt randament este legată de asigurarea unei umidităţi optime în sol.

În acest sens trebuie aplicat un ansamblu de lucrări tehnice, îndeosebi de îmbunătăţiri funciare dar şi organizatorice, sociale şi de altă natură prin care să îmbunătăţească condiţiile pedologice, hidrologice, hidrogeologice, etc.

Ca ramură a agriculturii, îmbunătăţirile funciare se ocupă cu:

- diversele procedee tehnice şi biologice folosite în scopul valorificării agricole a unor terenuri neproductice sau slab productive;
- crearea şi menţinerea unui raport favorabil între apă şi aer pe terenurile cu deficit sau exces de umiditate, al conservării şi prevenirii erodării solului prin apă şi vânt, etc.

### 1.1.1. Fondul funciar al României

Terenurile de orice fel, indiferent de destinaţie, de titlurile în baza cărora sunt deţinute sau de domeniu (public sau privat) de care aparţin, constituie fondul funciar al României.

Fondul funciar, după modul de folosinţă, se împarte în următoarele categorii:

**Suprafaţa totală a fondului funciar: 23.839,1 mii ha**

| | |
|---|---|
| 1- suprafaţa agricolă: | 14.856,8 mii ha |
| din care: | |
| - arabil: | 9.381,1 mii ha |
| - păşuni: | 3.441,7 mii ha |
| - fâneţe: | 1.507,1 mii ha |
| - viţă de vie şi pepiniere viticole: | 272,3 mii ha |
| - livezi şi pepiniere pomicole: | 254,6 mii ha |
| 2 - păduri şi alte terenuri cu vegetaţie forestieră: | 6.457,3 mii ha |
| din care păduri: | 6.223,1 mii ha |
| 3 - construcţii: | 632,9 mii ha |
| 4 - drumuri şi căi ferate: | 388,2 mii ha |
| 5 - ape şi bălţi: | 867,8 mii ha |
| 6- alte suprafeţe: | 636,1 mii ha |

Suprafaţa agricolă a României reprezintă 62,3 % (din suprafaţa totală a ţării), iar pe circa 2/3 din aceasta se manifestă acţiunea separată sau cumulată a secetei, excesului de apă şi eroziunii solului. Acest lucru se datorează în mare parte condiţiilor de climă, relief, pedologice, hidrologice şi hidrogeologice, etc.

Datorită acţiunii simultane sau seprate a acestor fenomene, a dificultăţilor economice care se suprapun cu fenomenul de încălzire globală, an de an se produc pagube importante în agricultură, şi nu numai, ceea ce determină scăderea nivelului de trai din România.

### 1.1.2. Scopul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare

Amenajările de îmbunătăţiri funciare sunt lucrări de construcţii hidrotehnice complexe şi pedoameliorative, de prevenire şi înlăturare a acţiunii factorilor de risc – secetă, exces de apă, eroziunea solului şi inundaţiile – pe terenurile cu destinaţie agricolă sau silvică având ca scop obţinerea unor recolte mari şi stabile prin regularizarea regimului apei din sol, în condiţiile unor tehnici de cultură moderne, precum şi introducerea în circuitul economic a terenurilor neproductive.

În sensul Legii **138/28.04.2004 – Legea îmbunătăţirilor funciare** – sunt cuprinse următoarele categorii de lucrări:

- îndiguiri şi regularitări ale cursurilor de apă de interes local;
- amenajări de irigaţii şi orezării care cuprind lucrări de captare, pompare, transport, distribuţie şi evacuare a apei şi, după caz, lucrări de nivelare a terenului;
- amenajări de desecări şi drenaje care cuprind lucrări de colectare, de transport şi evacuare în emisar a apei în exces;
- lucrări de combatere a eroziunii solului, şi de ameliorare a terenurilor afectate de alunecări, care cuprind: lucrări pentru protecţia solului, regularizarea apei pe versanţi, stingerea formaţiunilor torenţiale, stabilizarea nisipurilor mişcătoare;
- amenajări pedoameliorative pe terenurile sărăturate, acide, pe nisipuri, pe terenurile poluate, inclusive cu reziduuri petroliere, cu halde de la exploatările miniere, pe alte terenuri neproductive cuprinzând: lucrări de nivelare-modelare, de scarificare, de afânare adâncă, rigole şi şanţuri de scurgere a apei, arături în benzi cu coame, udări de spălare a sărurilor, aplicarea de amendamente şi îngrăşăminte în scopul valorificării pentru agricultură, şi după caz pentru silvicultură;
- perdele forestiere de protecţie a terenurilor agricole şi plantaţii pentru combaterea eroziunii solului;
- alte soluţii tehnice şi lucrări noi rezultate din activitatea de cercetare.

### 1.1.3. Caracterizarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare

Prin amenajările de îmbunătăţiri funciare se asigură, după caz, surse de apă pentru irigarea culturilor agricole şi alimentarea cu apă a unor localităţi, amenajări piscicole, incinte agricole şi industriale, precum şi protecţia localităţilor şi căilor de comunicaţii împotriva efectelor alunecărilor de teren şi inundaţiilor şi protecţia lacurilor de acumulare împotriva colmatării. Aceste amenajări contribuie, prin efectul lor, la protecţia şi ameliorarea mediului.

Prin amenajări de îmbunătăţiri funciare, se înţeleg următoarele lucrări de construcţii, instalaţii şi dotări aferente:

a) ***Amenajări de irigaţii,*** orezării, prin care se asigură aprovizionarea controlată a solului şi a plantelor cu cantităţi de apă necesare dezvoltării culturilor şi creşterii producţiei agricole. Aceste amenajări cuprind lucrări de captare, pompare, transport, distribuţie şi evacuare a apei şi, după caz, lucrări de nivelare a terenului.
b) ***Amenajări de desecare şi drenaj*** care su drept scop prevenirea şi înlăturarea excesului de umiditate de la suprafaţa terenului şi din sol, în vederea asigurării condiţiilor favorabile de utilizare a terenurilor. Aceste amenajări cuprind lucrări de colectare, transport şi evacuare în emisari a apei în exces.
c) ***Amenajări de combatere a eroziunii şi de ameliorare a terenurilor afectate de alunecări,*** prin care se previn, diminuează sau opresc procesele de degradare a terenurilor. Aceste amenajări cuprind lucrări pentru protecţia solului, regularizarea scurgerii apei pe versanţi, stingerea formaţiunilor torenţiale, stabilizarea nisipurilor.
d) ***Îndiguiri şi regularizări ale cursurilor de apă*** prin care se asigură, în principal, protecţia terenurilor, bunurilor precum şi a drumurilor agricole împotriva inundaţiilor, surse locale de apă şi emisari pentru scurgerea apelor.
e) ***Amenajări pedoameliorative*** pe terenurile sărăturate, acide şi pe nisipuri, pe terenurile poluate, cu reziduuri petroliere, cu halde de la exploataţiile miniere, pe alte terenuri neproductive, cuprinzând şi lucrările de nivelare-modelare, de scarificare, rigole şi şanţuri de scurgere a apei, arături în benzi cu coame, udări de spălare a sărurilor, aplicarea amenadamentelor, precum şi fertilizarea ameliorativă în scopul valorificării pentru agricultură şi, după caz, silvicultură.
f) ***Amenajări silvice*** de înfiinţare a perdelelor forestiere de protecţie a terenurilor agricole şi a plantaţiilor antierozionale.

Având un caracter complex, cu implicaţii de mediu deosebite, proiectarea, executarea şi exploatarea amenajărilor de îmbunătăţiri funciare se face în corelare cu lucrările de gospodărire a apelor, hidroenergetice, silvice, căi de comunicaţii, în acord cu interesele proprietarilor de terenuri şi cu documentaţiile de urbanism şi de amenajare a teritoriului, ţinând seama de cerinţele de protecţie a mediului.

Prin construcţia lor aceste lucrări determină ocuparea definitivă a terenurilor aflate în circuitul agricol şi silvic, dezafectarea şi demolarea de construcţii, precum şi exproprierea pentru cauză de utilitate publică.

Ele sunt amenajări cu durată îndelungată de funcţionare supuse efectului direct al factorilor naturali. Din acest motiv protejarea caracteristicilor funcţionale necesită activităţi complexe de exploatare şi întreţinere precum şi conservarea unor elemente în perioada de nefuncţionare a amenajării, de regulă în afara perioadei de vegetaţie.

Prin amenajarea teritoriului cu lucrări de îmbunătăţiri funciare se asigură un nivel ridicat şi stabil al recoltelor dacă şi factorii de vegetaţie controlaţi prin tehnologiile de cultură sunt aplicaţi la un nivel corespunzător.

Deasemenea, este favorizată îmbunătăţirea structurii planurilor de cultură prin creşterea diversităţii, practicarea de culturi duble şi succesive etc.

Construcţia amenajărilor de îmbunătăţiri funciare necesită o investiţie specifică ridicată şi de aceea se realizează din fonduri centralizate sau regionale şi doar parţial prin contribuţia proprietarilor de terenuri. Contribuţia statului la realizarea acestor amenajări este hotărâtoare.

Funcţionarea amenajărilor de îmbunătăţiri funciare are implicaţii sociale deosebit de favorabile pentru spaţiul rural, creând condiţii pentru: diversificarea pregătirii forţei de muncă locale, creşterea nivelului profesional al personalului necalificat, stabilizarea la nivel local a populaţiei prin activităţi directe în amenajări sau legate de acestea etc.

Lucrările de îmbunătăţiri funciare intervin radical în ecosistemele naturale pe care le modifică în sens economic favorabil chiar dacă din punct de vedere biologic determină reducerea biodiversităţii naturale. Ele pot avea efecte secundare dafavorabile cum ar fi: modificarea regimului hidrogeologic, degradarea unor însuşiri ale solului etc.

Putem afirma că lucrările de îmbunătăţiri funciare sunt acele lucrări de tehnică agricolă (I.M.Georghiu, 1964) care au drept scop punerea în valoare, pe o durată de timp îndelungată, a terenurilor neproductive sau slab productive, precum şi creşterea capacităţii de producţie a solurilor în condiţiile protecţiei lor.

Construcţia şi întreţinerea acestor amenajări necesită personal de specialitate care pe lângă pregătirea tehnică trebuie să aibă şi o bună pregătire agronomică generală pentru a putea asigura corelarea exploatării hidroameliorative a amenajărilor cu exploatarea agricolă a terenului.

## 1.2. ISTORICUL LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

### 1.2.1. Istoricul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare pe plan mondial

Aplicarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare cu scopul de a spori şi a asigura producţia agricolă a fost cunoscută din timpuri îndepărtate.

Astfel, se poate aprecia că lucrările de irigaţii se practicau încă din anii 5000 î.e.n. în Mesopotamia şi China, ca mai tîrziu să ia amploare în Egipt, India şi Asia Centrală.

Cele mai vechi civilizaţii au apărut pe seama dezvoltării agriculturii în luncile unor cursuri de apă cum ar fi: Nilul, Tigru şi Eufrat, Gange, Fluviul Galben. Deşi fertile, aceste suprafeţe de teren erau expuse permanent inundaţiilor sau secetei, ceea ce a impus efectuarea de lucrări de apărare împotrica inundaţiilor dar şi a unor lucrări de irigaţii pentru combaterea secetei.

În secolul al XV-lea, în America de Nord, imperiul Aztec, (pe teritoriul Mexicului de azi) echipează teritoriul cu sisteme mari de irigaţii, ceea ce a determinat o înflorire a civilizaţiei de pe acel teritoriu. Ulterior, aceste sisteme au fost distruse sau părăsite de cotropitorii spanioli.

Dezvoltarea şi inflorirea civilizaţiilor babiloniană, egipteană, indiană, aztecă, incaşă, carteziană, etc. s-a datorat extinderii lucrărilor de îmbunătăţiri funciare, în special de irigaţii. Insă, lipsa cunoştinţelor pedologice, hidrogeologice şi a relaţiilor sol-plantă-atmosferă, s-a produs degradarea terenurilor irigate prin sărăturare şi înmlăştinire a solurilor, fapt ce a condus în final la decăderea acestor civilizaţii.

În Europa, primele lucrări datează din secolul al XIII când în Olanda, în Delta Rinului s-au executat primele lucrări de îndiguiri şi desecări.

În perioada feudalismului agricultura decade şi o data cu ea şi dezvoltarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare.

Prin apariţia capitalismului, prin dezvoltarea ştiinţei şi a tehnicii în secolul al XVIII au fost create condiţii favorabile pentru extinderea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare. Astfel, în Italia se îndiguieşte Padul şi Adigele, se pun bazele îndiguirilor de la Dunăre şi Tisa, se asanează sute de mii de hectare de teren cu exces de umiditate.

De la sfârşitul secolului al XVIII-lea suprafaţa amenajată pentru irigaţii a crescut rapid, astfel că pe glob dinamica amenajărilor de irigaţii se prezintă astfel:

- la sfârşitul secolului al XVIII –lea existau 8.000.000 ha
- la sfârşitul secolului al XIX-lea să se ajungă la 40.000.000 ha
- la sfârşitul anului 1989 : 265.000.000 ha
- în anul 2000 : aproximativ 300.000.000 ha

Datorită creşterii rapide a populaţiei globului, irigaţia reprezintă un mijloc important pentru ca ca producţia agricolă să ţină ritmul cu explozia demografică.

### 1.2.2. Istoricul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare în România

Istoria lucrărilor de îmbunătăţiri funciare pe teritoriul României se pierde în negura veacurilor. În condiţiile climatului temperat se apreciază că agricultura irigată dirijată pe suprafeţe relativ mari este posterioară cu câteva milenii agriculturii fără irigaţii care s-a practricat în liman şi în regim uscat. Insă, pe suprafeţe mici, lângă locuinţă, cum de fapt era pe luncile mici, agricultura irigată a apărut odată cu agricultura în liman şi în regim uscat, iar în unele situaţii rare, ea a apărut ab initio în acest mod.

Evoluţia lucrărilor în îmbunătăţiri funciare este strâns legată de perfecţionarea uneltelor rezultate din prelucrarea metalului. Prelucrarea bronzului şi apoi a fierului a oferit unelte mai fiabile pentru executarea lucrărilor de terasamente impuse de amenajările de îmbunătăţiri funciare.

Printre cele mai vechi lucrări de îmbunătăţiri funciare se numără şi construcţiile hidrotehnice din munţii Orăştiei (captări de izvoare, apeducte) precum şi terasele agricole şi eleşteele din Câmpia Transilvaniei de dinaintea cuceririi romane, roţile hidraulice (sec.I.î.e.n.) ca şi iazurile din Moldova (sec.XV) cu scopuri multiple (regularizarea scurgerii, piscicultură, irigaţii).

În ţara noastră, primele lucrări de drenaj de suprafaţă s-au executat în Ţara Bârsei în 1211 de către cavalerii teuroni colonizaţi pe aceste meleaguri, amenajarea constând dintr-o reţea de canale care a funcţionat până în secolul al XVIII-lea.

Lucrările de prevenire a inundaţiilor ca sursă de exces de umiditate sunt cunoscute în Moldova din secolul al XIV-lea când amenajarea de iazuri şi eleştee a cunoscut o extindere deosebită. Aceste amenajări au un rol complex: regularizarea scurgerii apelor, piscicultură şi irigaţii.

În 1728 a început amenajarea sistemului hidrotehnic Timiş-Bega constând în lucrări de asanare a mlaşinilor şi regularizări de cursuri de apă, amenajările extinzându-se în toată Câmpia Banatului, luncile rîurilor Criş, Someş, Valea Ierului.

În jurul anului 1780 s-a executat canalul Ipsilanti pentru apărarea Bucureştiului de inundaţii, prin descărcarea apelor mari ale Dâmboviţei în Ciorogârla.

La sfârşitul secolului al XIX-lea (1896-1900) s-au executat primele lucrări intense de drenaj subteran cu tuburi din ceramică (1300 ha) la herghelia de stat din Rădăuţi.

Dar, despre amenajări cu un anumit grad de tehnicitate, proiectate şi executate pe bază de proiecte se poate vorbi începând cu secolul XX.

Între 1904-1906 se execută îndiguirea Dunării la Chirnogi, Mânăstirea şi Giurgeni. Limitarea amenajării numai la îndiguire a făcut ca la Giurgeni terenul să se deterioreze rapid prin salinizare, ceea ce a pus sub semnul întrebării eficienţa lucrărilor de îndiguire.

În aceeaşi perioadă, în NV ţării se execută amenajarea Someş-Crasna pe baza principiilor fundamentale ale hidroameliorţiilor.

În anul 1910 se adoptă legea cu privire la punerea în valoare a pământului din zona de inundaţie a Dunării (modificată în 1914 şi 1925) pentru aplicarea căreia s-a creat un Serviciu de îmbunătăţiri Funciare în cadrul Ministerului Agriculturii şi Domeniilor. În 1911, şeful acestui serviciu era ing. Anghel Saligny.

În anul 1912, ing.A.Davidescu a întocmit anteproiectul pentru irigarea a 1.300.000 ha în zona Argeş – Siret, iar în anul 1914 ing.L.Villoresi (Italia) propune pentru irigarea 180.000 ha teren în Bărăganul de nord.

După primul război mondial se reiau îndiguirile de la Spanţov şi Mânăstirea, dar ritmul desfăşurării lucrărilor rămâne lent.

În 1953 se înfiinţează Intreprinderea de Stat pentru Gospodărirea Apelor în Agricultură, cu sarcini de proiectare, execuţie şi exploatare, constituind punctul de plecare a unor structuri organizatorice mai complexe.

Ştiinţa românească a acordat o atenţie deosebită lucrărilor de îmbunătăţiri funciare, numeroşi oameni de ştiinţă contribuind la formarea unei concepţii înaintate în raportul îmbunătăţiri funciare – agricultură:

- Ion Ionescu de la Brad (1818-1891), personalitate de rang universal comemorat de UNESCO. Arată ordinea în care trebuie executate lucrările de îmbunătăţiri funciare pentru valorificarea unui teritoriu agricol: îndiguire, drenaj, irigaţii.
- Radianu P. Stefan (1854-1921). În lucrarea "Studii de economie rurală" (1882) se ocupă cu probleme de irigaţii şi drenaj, preconizând amenajarea complexă în cadrul bazinelor hidrografice. În lucrarea "Lucrări chestionar agricol pentru ţărani şi şcoli rurale" (1916) dă indicaţii privind drenajul terenurilor plane şi amenajarea crovurilor.
- Gheorghe Maior (1855-1926) agronom, profesor la Şcoala de Agricultură de la Herăstrău, s-a ocupat cu "secarea bălţilor şi însănătoşirea terenurilor jilave".
- Gheorghe Ionescu Siseşti (1885-1967), agronom s-a ocupat de punerea în valoare a Luncii Dunării, a studiat fertilitatea solurilor, combaterea eroziunii solului, etc..
- I. M. Gheorghiu (1899-1966) profesor de îmbunătăţiri funciare la IANB, primul organizator al Direcţiei de îmbunătăţiri funciare.
- Cezar Nicolau (1925-1981) personalitate de seamă a sectorului de îmbunătăţiri funciare, care s-a ocupat cu proiectarea şi execuţia marilor amenajări, profesor de îmbunătăţiri funciare la IANB, primul decan al Facultăţii de Imbunătăţiri Funciare din Bucureşti.

## 1.3. CATEGORII DE LUCRĂRI DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

În funcţie de scopul urmărit lucrările de îmbunătăţiri funciare pot fi grupate astfel:

**A. Lucrări pentru combaterea eroziunii solului** care au drept scop apărarea solurilor împotriva eroziunii prin apă şi vânt, agenţi naturali cu agresivitate importantă. Deosebim: *eroziune naturală* în care agenţii nu pot fi controlaţi ci numai descrişi în limitele de incertitudine proprii fenomenelor naturale (Moţoc M. şi col., 1975) şi *eroziune antropică* produsă de activitatea omului în cadrul căreia agentul de eroziune poate fi dirijat în sensul dorit.

Apa ca agent de eroziune acţionează sub trei moduri : picături de ploaie, curenţi bidimensionali sau dispersaţi pe versanţi şi curenţi unidimensionali concentraţi pe albii.

**B. Lucrări pentru combaterea excesului de apă** în care se includ:

- regularizarea cursurilor de apă,
- îndiguirea cursurilor de apă,
- drenaj de suprafaţă,
- drenaj subteran

Regularizarea şi îndiguirea cursurilor de apă constituie lucrări de amploare care determină deplasarea unor volume mari de terasamente şi modificarea hidraulicii albiilor respective.

Lucrările de drenaj urmăresc evacuarea excesului de apă de pe sol şi din profilul acestuia, amploarea lor fiind dependentă de mărimea suprafeţelor afectate şi intensitatea de manifestare a excesului de apă.

Ele se diferenţiază în:

- lucrări principale de drenaj a căror aplicare necesită studii aprofundate ale cadrului natural pe baza cărora se fundamentează necesitatea lucrărilor şi determinarea tipurilor de lucrări;

- lucrări secundare de drenaj caracterizate prin tehnicitate mai redusă a căror aplicare nu necesită proiecte tehnice ci numai precizarea elementelor tehnologice în funcţie de caracteristicile terenului;
- lucrări agroameliorative care constau în folosirea unor elemente de tehnologie agricolă pentru prevenirea excesului de apă: stabilirea sortimentului şi rotaţiei culturilor, sensul de execuţie a lucrărilor agrotehnice, densitatea culturii, fertilizarea etc.;
- lucrări cu caracter organizatoric – gospodăresc care constau din măsuri simple aplicabile de orice "bun gospodar" fără alte intervenţii: rigole locale sau sistematice pentru evacuarea apelor stagnate la suprafaţa terenului, şanţuri marginale la drumuri, etc.

O categorie specială de lucrări o constituie utilizarea simultană a lucrărilor principale şi secundare de drenaj, asigurându-se astfel sporirea efectului hidroameliorativ şi creşterea fiabilităţii amenajării.

În funcţie de specificul zonal, sursele care produc exces de apă şi formele de manifestare ale acestuia, lucrările principale de drenaj se grupează în:

- amenajări pentru drenaj de suprafaţă
- amenajări pentru drenaj subteran orizontal
- amenajări cu drenuri verticale (colectoare, absorbante)

Dintre lucrările secundare de drenaj care pot fi aplicate individual sau în complex cu lucrările principale (tehnici asociate) menţionăm: nivelarea în pantă, afânarea adâncă (scarificarea), modelarea în benzi cu coame, drenajul cârtiţă.

**C. Lucrări pentru combaterea deficitului de apă şi conservarea apei în sol**. În această categorie se includ:

- amenajări pentru irigaţii
- lucrări agroameliorative

Amenajările pentru irigaţii reprezintă un ansamblu de lucrări hidroameliorative care asigură captarea apei necesare din sursă, transportul şi distribuţia ei la plante. In cadrul acestora se deosebeşte tipul de amenajare care reflectă soluţia constructivă pentru transportul apei de la sursă până la sectoarele de udare şi metoda de udare care arată modul de distribuţie a apei la plante.

În funcţie de mărimea suprafeţelor amenajate, de complexitatea metodelor de udare şi de gradul de tehnicitate a acestora se deosebesc:

- amenajări locale care deservesc suprafeţe mici de pe teritoriul unei exploatări agricole, necesarul de apă fiind asigurat din surse locale (foraje, acumulări mici etc.);
- amenajări în sisteme mari pretabile în zone cu terenuri întinse, puţin frământate care include numerose exploatări agricole.
  Tipurile de amenajare pentru irigaţii se diferenţiază astfel:
  - amenajări cu canale din pământ, necăptuşite sau căptuşite;
  - amenajări cu jgheaburi;
  - amenajări cu conducte îngropate de înaltă presiune, de joasă presiune sau bivalente;
  - amenajări combinate (canale-conducte, canale-jgheaburi etc.).
    Metodele de udare care pot fi utilizate în amenajările de irigaţii sunt:
- udare prin scurgere la suprafaţă: pe brazde, pe fâşii, pe corugate;
- udare prin aspersiune;
- udare localizată (picurare, rampe perforate etc.);
- udare prin submersie (continuă sau intermitentă);
- udare subterană.

Cea mai modernă concepţie de aplicare a lucrărilor de îmbunătăţiri funciare o constituie utilizarea amenajărilor mixte sau complexe prin care se urmăreşte regularizarea regimului hidrosalin al solului, protecţia calităţii solurilor şi a apei freatice etc.

Lucrările hidroameliorative utilizate pentru conservarea apei înmagazinată în sol, se asigură prin: lucrări agrotehnice de afânare a stratului superficial (3-7 cm) de sol pentru întreruperea continuităţii capilarelor care ajung la suprafaţa terenului: tehnica mulch prin utilizarea resturilor vegetale ale culturii care acoperă terenul sau prin îngrăşăminte verzi etc.

## 1.4. POTENŢIALUL, EVOLUŢIA ŞI SITUAŢIA LUCRĂRILOR DE ÎMBUNĂTĂŢIRI FUNCIARE

Diversitatea condiţiilor de relief, climă şi sol din ţara noastră, determină ca pe aproximativ 2/3 din suprafaţa agricolă a ţării, să se manifeste acţiunea negativă a unor factori naturali, cum ar fi: seceta, inundaţiile, excesul de umiditate şi eroziunea solului, care an de an produc pagube importante agricuturii. Înlăturarea efectelor negative ale acestori factori constituie rezerva cea mai importantă a fondului funciar de care dispune ţăra noastră în vederea creşterii producţiei agricole.

### 1.4.1. Terenuri interesate pentru irigaţii

În România, terenurile afectate de secetă apar în zonele de câmpie, în Dobrogea, Muntenia, Oltenia şi Moldova, iar în unii ani chiar şi în Transilvania. Statisticile arată că o secetă de mari proporţii se înregistrează o dată la 14 ani, iar frecvenţa anilor cu recolte slabe şi foarte slabe în condiţii de neirigare este de 52% în Dobrogea, 43% în Bărăgan şi între 36-39% în Câmpia Olteniei şi sud estul Moldovei. (I.F. IP –SC, 2001).

Necesitatea irigaţiilor pe o mare parte a zonelor agricole ale ţării a fost fundamentată ştiinţific încă de la începutul secolului al XX-lea, iar amplele programe de amenajare desfăşurate în ultimile decenii nu au făcut decât să materializeze vechile proiecte a căror oportunitate nu mai era contestată de nimeni. Întârzierea de peste o jumătate de veac, cu care s-au realizat, este şi ea justificată dacă ţinem seama fie şi numai de cele două conflagraţii mondiale, ambele călcând ţara de la un capăt la altul şi secătuindu-i resursele umane şi materiale.

Este de reţinut faptul că pe la mijlocul deceniului şase, România era ţara cu cea mai mică pondere a terenurilor amenajate pentru irigat din Europa, circa 2%, faţă de media europeană de aproape 7 % şi aproape 10 % media mondială.

Comasarea terenurilor în unităţi agricole de mari dimensiuni, de ordinul miilor de hectare, a creat premise tehnice şi organizatorice pentru proiectarea şi construirea în sisteme hidrotehnice mari şi foarte mari, folosind un număr relativ redus de prize de apă, în cea mai mare parte din Dunăre. Dispariţia agriculturii private şi concentrarea puterii economice în mâna statului a permis acestuia din urmă să susţină financiar cvasitotalitatea costurilor investiţionale pentru realizarea sistemelor hidrotehnice de proporţii, ceea ce a constituit premisa economică a dezvoltării agriculturii irigate la scară mare (tabelul nr.1.1.).

Tabelul nr.1.1.

Dezvoltarea irigaţiilor în România din perioada 1938-1990

| Perioada | Suprafaţa amenajată (mii ha) | | | Ponderea suprafeţelor amenajate din arabil,viţă de vie, livezi, (%) |
|---|---|---|---|---|
| | Total | Agricol | Arabil | |
| 1938 | 15,4 | 15,4 | 15,4 | 0,1 |
| 1955 | 93,1 | 93,1 | 92,1 | 0,9 |
| 1965 | 229,9 | 229,9 | 220,4 | 2,2 |
| 1975 | 1474,2 | 1437,3 | 1369,8 | 14,0 |
| 1985 | 2956,3 | 2873,9 | 2723,2 | 27,1 |
| 1990 | 3215,8 | 3109,0 | 2931,9 | 31,0 |

În perioada 1990-2000 s-au amenajat suprafeţe foarte mici pentru irigaţii fiind nesemnificative procentual.

Pe suprafeţele cu lucrări funcţionale, în perioada 1992-2000, irigaţii s-au aplicat efectiv între 8 – 27%, ceea ce a determinat pierderi mari de recoltă, iar România a devenit, din exportator de produse agroalimentare un importator important.

Potenţialul teoretic irigabil al României este de circa 7,4 mil.ha, aprox. 50% din suprafaţa agricolă. Trebuie reţinut însă faptul că pe circa 2 mil.ha amenajarea terenurilor ar necesita investiţii foarte ridicate, nejustificabile din punct de vedere economic, potenţialul practic irigabil este de circa 5,4 mil.ha aflate predominant în zona semiaridă, respectiv în zona de sud şi sud-est a României.

După ultimile estimări, potenţialul irigabil, în condiţii de eficienţă economică, este de aproximativ 3 mil.ha.

La nivelul anului 2006, infrastructura cu lucrări de irigaţii, (fig.1.1.) administrate de ANIF (Administraţia Naţională de Îmbunătăţiri Funciare) se prezintă astfel:

**Suprafaţa amenajată cu lucrări de irigaţii: 3.001.617 ha**

Metode de udare:

- udare prin aspersiune 2.761.206 ha
- udare prin brazde 281.292 ha
- udare prin inundare 55.920 ha

Sursa de apă asigurată pentru amenajări de irigaţii:

- Dunărea (85%) 2.555.000 ha
- râuri interioare şi lacuri de acumulare (15%) 543.425 ha

Construcţii principale în amenajările de irigaţii:

- canale de aducţiune şi distribuţie: 10.996 Km
- reţele de conducte îngropate: 33.550 Km
- staţii de pompare plutitoare şi fixe: 3.862 buc
- construcţii hidrotehnice (stăvilare, podeţe, sifoane, dispozitive antişoc): 4.290 buc

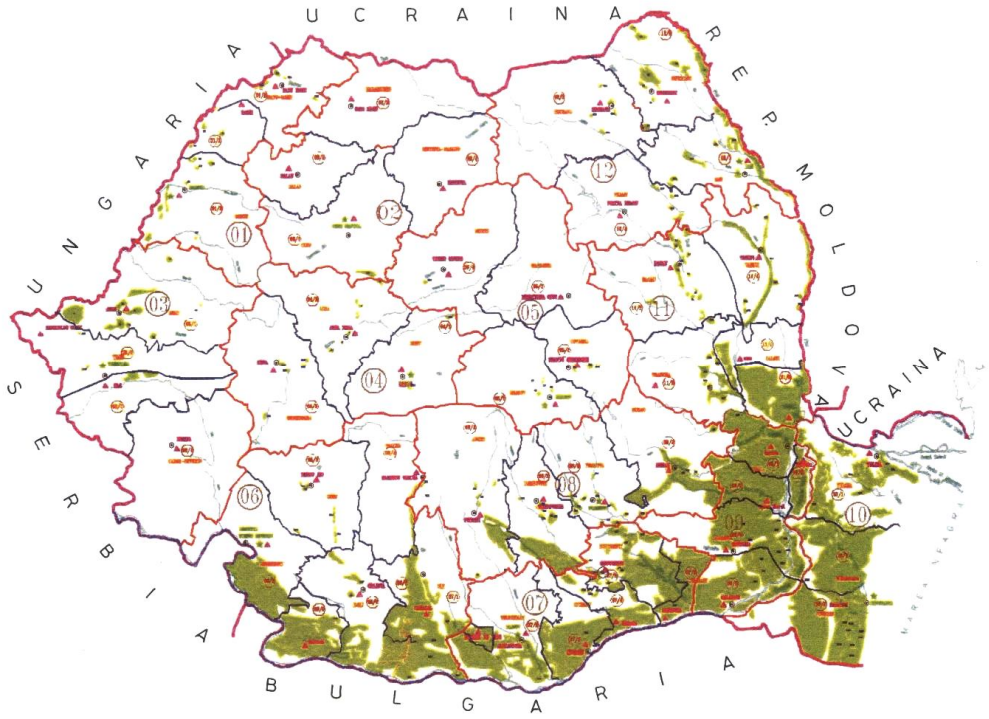



Fig.1.1. Amplasarea amenajărilor de irigaţii

### 1.4.2. Terenuri interesate pentru lucrări de îndiguire şi combatere a excesului de umiditate

Suprafaţa afectată de exces de umiditate depinde de caracteristica climatică generală a anului respectiv.

Astfel, în anii ploioşi, 7.270.000 ha de teren agricol suferă de exces de apă, iar în anii secetoşi, 5.530.000 ha.

Se consideră că 37% din suprafaţa agricolă a ţării suferă de exces de umiditate; pe categorii de folosinţă situaţia se prezintă astfel:

- 31% - din suprafaţa ocupată de păşuni şi fâneţe;
- 42% - din suprafaţa arabilă

suferă de exces de umiditate.

După cauzele care produc excesul de umiditate, situaţia se prezintă astfel: (tabelul nr.1.2.):

Tabelul nr.1.2.

Suprafeţe cu exces de umiditate în România

| Nr. crt. | **Sursa de exces** | **Suprafaţa** | |
|---|---|---|---|
| | | **%** | **ha** |
| 1. | Precipitaţii | 31 | 1.714.300 |
| 2. | Inundaţii+, apa freatică, precipitaţii | 26 | 1.437.800 |
| 3. | Precipitaţii şi apă freatică | 15 | 829.500 |
| 4. | Precipitaţii şi apă freatică pe soluri saline şi alcalice | 8 | 442.400 |
| 5. | Apă freatică | 16 | 884.800 |
| 6. | Izvoare de coastă pe pante | 4 | 221.200 |
| **TOTAL** | | **100** | **5.530.000** |

+ terenuri inundabile şi neîndiguite

Pe zone geografice, terenurile cu exces de umiditate sunt repartizate astfel:

- *zona de sud-est* – predomină sursele de exces, inundaţiile (mai ales în est), apa freatică şi terenurile saline şi alcalice; excesul de umiditate din precipitaţii este slab reprezentat. Aici 17% din suprafaţă suferă de exces de umiditate şi 35% prezintă pericol de ridicare a nivelului freatic.
- *zona de est* – ponderea inundaţiilor ca sursă de exces de apă creşte în defavoarea apei freatice şi a precipitaţiilor. Terenurile cu exces de umiditate reprezintă 25% iar cele cu pericol de ridicare a nivelului freatic 6%.
- *zona de sud* – principala sursă a excesului de umiditate o constituie precipitaţiile (pe 49% din terenuri), apoi inundaţiile (23%) şi apa freatică (15%). Terenurile cu exces reprezintă 37% iar cu pericol de ridicare a apei freatice 14%.
- *zona de centru* – cauzele excesului de umiditate sunt: inundaţiile (26%), izvoarele de coastă (21%), precipitaţiile şi apa freatică (17%), precipitaţiile (16%).

Din totalul terenurilor, 28% suferă de exces de umiditate iar 6% prezintă pericol de ridicare a nivelului freatic.

- *zona subcarpatică* – inundaţiile reprezintă cauza principală a excesului de apă (48%), precipitaţiile (21%), izvoarele de coastă (8%); 33% din terenuri suferă de exces de umiditate, 12% cu pericol de ridicare a nivelului freatic.
- *zona de nord şi de munte* – principalele cauze ale excesului de umiditate sunt precipitaţiile (34%), precipitaţii şi apa freatică (25%) şi inundaţiile (22%). 38% din terenuri suferă de exces de umiditate, 2% cu pericol de ridicare a nivelului freatic.
- *zona de vest* – cea mai ridicată pondere a terenurilor cu exces de umiditate (65%), pe 13% din suprafaţă fiind posibilă ridicarea nivelului freatic.

Principalele cauze ale excesului de umiditate sunt: *precipitaţiile* (32%), *precipitaţii şi apă freatică* (26%), *apa freatică* (17%), *inundaţiile* (10%). Un procent important (6%) îl ocupă *terenurile cu soluri saline şi alcalice* cu exces de umiditate.

**Dinamica amenajărilor de drenaj**

Evoluţia concepţiilor ştiinţifice cu privire la influenţa drenajului asupra mediului înconjurător a determinat intensitatea de realizare a amenajărilor sistematice de drenaj, acestea fiind constituite mai ales în zonele cu exces prelungit de umiditate.

În anul 1944, era amenajată pentru drenaj o suprafaţă de 358.000 ha care a crescut progresiv astfel: în 1955 - 588.000; în 1965 – 789.000 ha; în 1975 – 1.966.000 ha; în 1984 – 2.539.300 ha.

Ritmul de amenajare a lucrărilor de drenaj în perioada 1984 – 1990 rezultă din tabelul nr.1.3.

Tabelul nr.1.3.

Situaţia amenajării terenurilor cu exces de umiditate

| **Categoria de lucrări** | **Potenţial (mii ha)** | **Ritm de amenajare (mii ha/an)** | | | | | **Suprafaţa amenajată la 31.12.1989 (mii ha)** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1985** | **1986** | **1987** | **1988** | **1989** | |
| Drenaj de suprafaţă | 5500 | 118 | 142 | 116.7 | 136.3 | 123.1 | 3018.2 |
| Drenaj de adâncime | 1500 | 16.7 | 24.1 | 18.7 | 27.6 | 25.1 | 206.4 |
| Total | 7000 | 134.7 | 166.1 | 135.4 | 163.9 | 148.2 | 3224.6 |

Rezultă că mai mult de jumătate din suprafeţele cu exces de umiditate încă nu sunt amenajate. La aceasta se adaugă încă 500.000 ha de teren care necesită drenaj cârtiţă.

Suprafeţele amenajate cu lucrări de drenaj subteran sunt localizate în umrătoarele zone:

- Câmpia Română şi Dobrogea: 66.503 ha;
- Transilvania: 58.610 ha;
- Moldova: 53.390 ha;
- Câmpia de Vest şi Banat: 27.840 ha.

La nivelul anului 2006, infrastructura lucrărilor de drenaj, (fig.1.2.) administrate de ANIF (Administraţia Naţională de Îmbunătăţiri Funciare) se prezintă astfel:

| | |
|---|---|
| **- suprafaţa amenajată cu lucrări de drenaj:** | **3.085.245 ha** |
| - Metode de evacuare a apelor în exces: | |
| - evacuarea apei prin pompare: | 1.463.807 ha |
| - evacuarea apei gravitaţional: | 1.621.438 ha |
| - Număr de amenajări de drenaj: | 443 |
| - sucursale ANIF care au amenajări de drenaj: | 12 |
| - construcţii principale în amenajări de drenaj: | 56.565 Km |
| - canale de evacuare: | 25.695 Km |
| - staţii de pompare de evacuare: | 713 buc |
| - poduri şi podeţe: | 33.477 buc |
| - stăvilare: | 976 buc |
| - drenuri colectoare şi absorbante: | 39.645 Km |

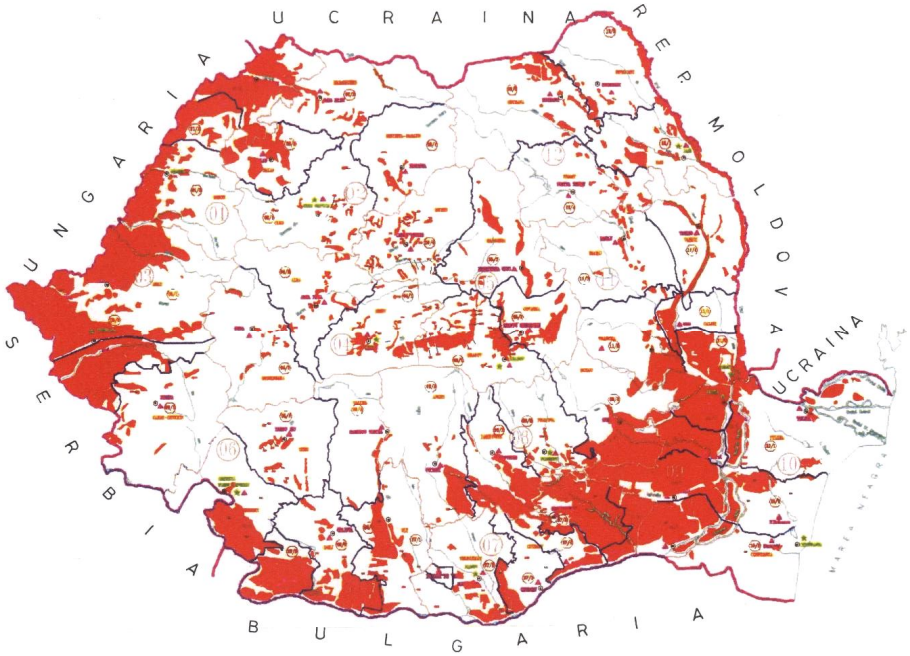



Fig.1.2. Amplasarea amenajărilor de combatere a excesului de apă

### 1.4.3. Terenuri interesate pentru lucrări de combaterea eroziunii solului

Între factorii care concură la degradarea capacităţii de producţie a terenurilor agricole la scară planetară, eroziunea solului deţine detaşat primul loc. Exploatarea neraţională a terenurilor situate în pantă determină pierderi de sol prin eroziune cuprinse între 5-10 t/ha în Africa, Australia şi Europa, 10-20 t/ha în America de Sud, Centrală şi de Nord şi de până la 30 t/ha în Asia. Având în vedere capacitatea de refacere a solului prin procese de pedogeneză se poate aprecia că în doar câteva decenii, ca urmare a intervenţiei agresive a factorului antropic în cadrul natural, a fost irosită o bogăţie rezultată prin acumulări continue în decursul mileniilor. Consecinţa directă a degradării terenurilor în pantă o constituie reducerea serioasă a nivelului recoltelor de pe circa 1/3 din terenurile cultivate în întreaga lume.

Pierderea anuală de sol la nivelul ţării este în medie de 3,16 t/ha.an pe terenurile cu pantă mai mare de 5 % (Ene Alexandru, 2000).

Gradul de eroziune a terenurilor agricole este diferit pe teritoriul ţării. Se constată că în podişul Moldovei eroziunea afectează peste 70 % din suprafaţa agricolă, în podişul Transilvaniei, aproape 68 %, iar în podişul Dobrogei, 66 % (Ene Alexandru, 2000).

La nivelul anului 2006, infrastructura cu lucrări de combatere a eroziunii solului (fig.1.3.), administrate de ANIF (Administraţia Naţională de Îmbunătăţiri Funciare) se prezintă astfel:

| | |
|---|---|
| **- suprafaţa amenajată cu lucrări de CES:** | **2.213.079 ha** |
| - număr de amenajări de CES: | 650 |
| - sucursale ANIF care au amenajări de CES: | 12 |
| - construcţii principale în amenajările de CES: | |
| - canale de evacuare de coastă: | 13.116 Km |
| - drumuri antierozionale: | 27.863 Km |
| - amenajări ravene şi torenţi: | 7.898 Km |
| - baraje şi praguri: | 16.084 Km |
| - căderi: | 40.922 buc |
| - ziduri de sprijin şi traverse: | 20.826 m |
| - plantaţii silvice antierozionale: | 23.535 ha |
| - drenuri colectoare şi absorbante: | 67.927 Km |

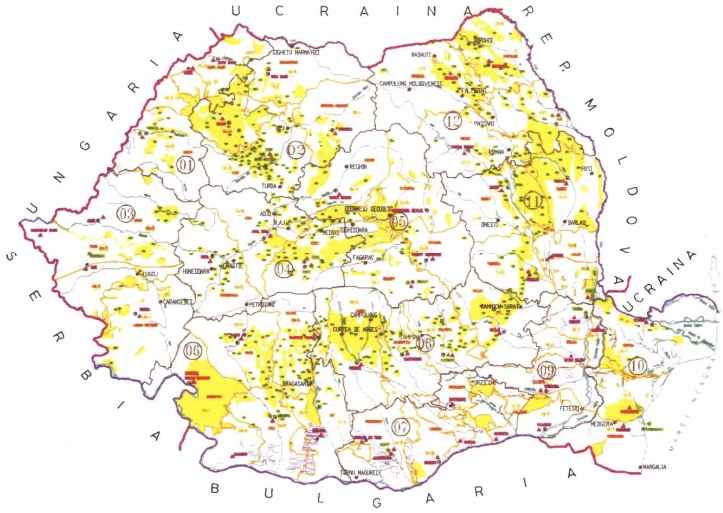



Fig.1.3. Amplasarea amenajărilor de combatere a eroziunii solului

În Europa 12% din suprafaţă (circa 115 milioane ha) este afectată de diverse grade de eroziunea hidrică. Amploarea fără precedent a acestui fenomen a determinat adoptarea Convenţiei de la Paris, semnată în iunie 1994 de 87 ţări, în ideea eliminării degradării solurilor – cauzate de păşunatul abuziv, exploatarea necorespunzătoare a terenurilor agricole, defrişări, irigaţii aplicate inadecvat şi accentuată de variabilitatea condiţiilor climatice – care ameninţă securitatea alimenatară a cel puţin 900 milioane de oameni din aproximativ 100 de state ale lumii.

Combaterea eroziunii solului rămâne o problemă de strictă actualitate, făcând obiectul a numeroase studii şi cercetări. Acest interes crescând se datorează atât consecinţelor acestui fenomen asupra fertilităţii solului cât şi proceselor asociate: diminuarea capacităţii de transport a reţelei hidrografice, colmatarea lacurilor, poluarea solurilor şi a apei. Între posibilităţile de reducere a proceselor de eroziune se numără efectuarea corespunzătoare a lucrărilor solului. Referitor la direcţia de arat, efectuarea arăturii pe direcţia generală a curbelor de nivel permite reducerea pierderilor de apă cu până la 75 % iar a pierderilor de sol de 2-9 ori comparativ cu valorile înregistrate în situaţia arăturii efectuată din deal în vale. Un efect deosebit se înregistrează în urma renunţării la efectuarea arăturii, bibliorgafia americană recomandând această soluţie ca pe una dintre cele mai eficace în lupta cu eroziunea solului, ca urmare a efectului mulciului natural rezultat din menţinerea la suprafaţa terenului a resturilor vegetale, concretizat în interceptarea picăturilor de ploaie şi disiparea energiei cinetice a acestora dar şi în dispersarea scurgerilor şi reducerea vitezei acestora. Cercetări efectuate în 1986, arată că în situaţia semănatului direct, procentul de acoperire al solului de către resturile vegetale ale unei culturi de grâu este de numai 18 ori şi respectiv de 30 ori mai mare în cazul unei culturi de soia, comparativ cu cel înregistrat după efectuarea arăturii. Pe suprafeţele nearate, scurgerile s-au redus cu 57 % iar pierderile de sol cu 93 %.

Cercetări efectuate în condiţii variate, au permis să se stabilească proporţia optimă a prăşitoarelor în structura culturilor pentru ca pierderile de sol prin eroziune să rămână în limite acceptabile. Astfel, pe terenurile arabile cu pante de 10-12 % şi soluri luto-argiloase din nord-vestul Câmpiei Moldovei, pierderile anuale de sol (valori medii pe 8 ani) s-au menţinut sub 6 t/ha la o participare a prăşitoarelor în sortimentul plantelor cultivate de cel mult 62 %.

Referitor la eficienţa sistemelor antierozionale, rezultatele cercetărilor efectuate la S.C.C.C.E.S. Perieni evidenţiază faptul că, indiferent de mărimea pantei, eroziunea solului se reduce de 2-8 ori în cazul aplicării sistemului de cultură în fâşii, comparativ cu situaţia cultivării versantului numai cu porumb.

Rezultatele obţinute într-o perioadă de 10 ani în Podişul Central Moldovenesc, reliefează influenţa benzilor înierbate asupra eroziunii, pe terenurile protejate înregistrându-se pierderi de sol sub limita admisă, mai mici de 3-4 ori decât pe terenurile fară benzi.

Fertilizarea terenurilor arabile în pantă contribuie indirect la diminuarea pierderilor de sol prin eroziune. S-a constatat că pierderile medii de sol şi humus la cerealele de primăvară şi cartof au fost de 3-4 ori mai mari pe terenul nefertilizat, comparativ cu variantele fertilizate.

Cercetări efectuate cu privire la efectul diverselor îngrăşăminte verzi asupra eroziunii arată că în urma încorporării unei cantităţi de 4,7 t/ha masă verde, în condiţiile aplicării la o cultură de grâu de toamnă a unei ploi simulate care a dezvoltat o energie cinetică de 500 J/$m^2$, scugerile lichide s-au redus cu 46 % iar pierderile de sol cu 80 %.

În ceea ce priveşte poluarea apelor de suprafaţă, materialul aflat în suspensie în scurgerile lichide determină diminuarea capacităţii de transport a cursurilor de apă şi colmatarea lacurilor de acumulare. Studiile privind colmatarea unor acumulări din bazinul hidrografic Berheci, arată că rata anuală de colmatare este foarte mare (4,12 %) comparativ cu aceea prevăzută în proiecte, estimându-se scoaterea lor din folosinţă după circa 20-25 ani. Concomitent apele de suprafaţă sunt poluate cu nitraţi şi mai ales cu fosfor, elemente care produc eutrofizarea acestora.

Referitor la poluarea solurilor şi în special ale celor situate la baza versanţilor pe care se înfiinţează culturi superintensive, acumularea azotului şi mai ales a pesticidelor minerale sau organice, determină repercursiuni asupra microflorei solului.

Aceste consecinţe ale fenomenului de eroziune a solului impun adoptarea unor măsuri corespunzătoare, capabile să asigure stăvilirea proceselor de impact negativ asupra mediului. În condiţiile proprietăţii private din agricultură, este necesară sensibilizarea deţinătorilor de terenuri înclinate în legătură cu pericolele potenţiale ale eroziunii, astfel încât să integreze aceste preocupări în practicile lor agricole.

**Întrebări**:

1. Care este scopul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare ?
2. Caracterizaţi lucrările de îmbunătăţiri funciare.
3. Precizaţi principalele momente din evoluţia preocupărilor de îmbunătăţiri funciare.
4. Prezentaţi categoriile de lucrări de îmbunătăţiri funciare.
5. Precizaţi suprafeţele necesare pentru aplicarea diverselor categorii de lucrări de îmbunătăţiri funciare.

**BIBLIOGRAFIE**


| | | |
|---|---|---|
| 1 | Berca M. | - Planificarea de mediu şi gestiunea resurselor naturale, Ed.Ceres, Bucureşti, 2006 |
| 2 | Blidaru V. şi col. | - Amenajări de irigaţii şi drenaje, Ed.Interprint, Bucureşti, 1997 |
| 3 | Constantin E. | - Dezvoltare rurală, Ed.Bren, Bucureşti, 2006 |
| 4 | Constantin E., Mărăcineanu Fl. | - Rolul îmbunătăţirilor funciare în dezvoltarea rurală durabilă, Ed.Cartea Universitară, Bucureşti, 2005 |
| 5 | Ceauşu N. şi col. | - Îmbunătăţiri funciare, E.D.P., Bucureşti, 1976 |

# UNITATEA DE ÎNVĂŢARE - II

# NOŢIUNI DE HIDRAULICĂ, HIDROLOGIE ŞI HIDROGEOLOGIE

**Cuvinte cheie**: hidraulică, hidrostatică, hidrodinamică, hidrologie, hidrografie, hidrogeologie

**Rezumat:**

Funcţionarea amenajărilor de îmbunătăţiri funciare se bazează pe controlul distribuţiei, circulaţiei, înmagazinării şi evacuării apei de la suprafaţa terenului, din sol şi pe reţeaua hidrografică. În vederea descrierii şi cunoaşterii acestor procese terbuie cunoscute legile generale de repaus şi de mişcare a apei în diverse medii, formarea şi regimul apelor de suprafaţă şi subterane, prognoza evoluţiei debitelor şi nivelurilor.

Amenajările de îmbunătăţiri funciare sunt lucrări de construcţii hidrotehnice complexe, iar activitatea lor constituie un câmp larg cu aplicabilitate a problemelor de hidraulică, hidrologie şi hidrogeologie.

*Hidraulica, hidrologia şi hidrogeologia* se ocupă cu studiul legilor generale de repaus şi de mişcare a lichidelor în diverse medii (hidraulica şi hidrogeologia) şi cu geneza şi regimul apelor de suprafaţă şi subterane (hidrologia şi hidrogeologia) în scopul rezolvării problemelor practice inginereşti.

## 2.1. NOŢIUNI DE HIDRAULICĂ

**Hidraulica** - este ştiinţa care se ocupă cu studiul legilor de echilibru şi de mişcare a lichidelor, cu aplicarea legilor generale de mişcare şi repaos a lichidelor care au un câmp larg de aplicaţie în domeniul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare.

Lucrările de îmbunătăţiri funciare se execută cu scopul de regularizare a regimului de apă de la suprafaţa terenului şi din profilul solului prin:

- completarea deficitului de apă (amenajări de irigaţii);
- prevenirea şi combaterea excesului de umiditate (amenajări de drenaj de suprafaţă şi subteran);
- prevenirea şi combaterea eroziunii solului; de ameliorare a terenurilor afectate de alunecări;
- aplicarea diverselor procedee tehnice şi biologice folosite pentru valorificarea agricolă a unor terenuri neproductice sau slab productive; etc.

Proiectarea, executarea şi exploatarea acestor lucrări de îmbunătăţiri funciare implică cunoaşterea modului de circulaţie a apei la suprafaţa terenului şi în profilul solului, a legilor mişcării apei, cu scopul dirijării acesteia pentru creşterea fertilităţii solului şi sporirea producţiei agricole, în condiţii de protecţie ecologică a mediului.

Calculul şi dimensionarea canalelor, a drenurilor şi conductelor, a lucrărilor de artă, a diverselor construcţii pentru măsurarea debitelor au la bază cunoştinţe de hidraulică.

Hidraulica se împarte în două parţi distincte şi anume:

- hidrostatica, care studiază legile de echilibru ale lichidelor în repaos;
- hidrodinamica care se ocupă cu studiul mişcării lichidelor.

### 2.1.1. Noţiuni de hidrostatică

**Hidrostatica** are ca obiect studiul lichidelor care se găsesc în stare de repaus în vederea deducerii legilor fundamentale cărora se supun aceste lichide, indicându-se în acelaşi timp aplicaţiile practice ale acestor legi.

În lucrările de îmbunătăţiri funciare aplicaţiile hidrostaticii sunt numeroase. La baza calculelor de dimensionare stă cunoaşterea presiunilor care acţionează asupra diverselor construcţii hidrotehnice cum ar fi: stăvilare, baraje, diguri, etc.

Prin studierea legilor fundamentale ale hidrostaticii este necesar să se precizeze în primul rând forţele care acţionează asupra lichidului în repaus. Aceste forţe sunt:

- forţe de suprafaţă care acţionează pe suprafeţele exterioare ale lichidului (presiunea atmosferică şi alte presiuni exterioare);
- forţe interioare, care acţionează în fiecare punct al masei lichidului şi care au o acţiune reciprocă între particulele lichidului (forţele din greutatea particulelor lichidului şi forţele de presiune interioară).

Forţele interioare care acţionează asupra unui lichid pe unitatea de suprafaţă se numesc ***presiuni hidrostatice.***

***Presiunea hidrostatică***. In cazul lichidelor în interiorul acestora, în fiecare punct se exercită o forţă, care este rezultanta forţelor exterioare ce acţionează la suprafaţa liberă a lichidului şi greutatea lichidului respectiv.

Forţele interioare care acţioneză asupra unui lichid sunt determinate de marime, direcţia, sensul şi punctul lor de aplicaţie.

Forţele elementare care acţionează în interiorul unui lichid pe unitatea de suprafaţă se numesc presiuni hidrostatice (p).

Forţa totală, rezultată din însumarea tuturor presiunilor hidrostatice ce acţionează pe o anumită suprafaţă (S) numită şi suprafaţă de acţiune poartă numele de forţă hidrostatică (P).

Presiunea hidrostatică reprezintă deci raportul între modulul forţei (ΔF) şi suprafaţa (ΔS) pe care se exercită această forţă,:

$$P = \frac{\left|\overrightarrow{\Delta F}\right|}{\Delta S} \qquad (2.1.)$$

Presiunea hidrostatică într-un punct (p) este limita către care tinde acest raport când suprafaţa de acţiune tinde către zero:

$$p = \lim_{\Delta S \to} \frac{\left|\overrightarrow{\Delta F}\right|}{\Delta S} = \frac{dF}{dS} \qquad (2.2.)$$

Din formula dimensională a presiunii:

$$[p] = \frac{F}{L^2} = FL^2 = ML^{-2} = ML^{-1}T^{-2} \qquad (2.3.)$$

De unde rezultă următoarele *unităţi de măsură*:

- în sistemul MKfS, presiunea se măsoară în kgf/cm$^2$ sau tf/m$^2$
- în sistemul SI, N/m$^2$ = Pa (pascal)

În afară de aceste unităţi, în practică se mai folosesc şi:

- atmosfera tehnică care se notează cu **at** şi are valoarea:
  1 at = 1 Kgf/cm$^2$ = 10000 Kgf/m$^2$
- atmosfera fizică care se notează cu **atm** şi are valoarea:
  1 atm = 1,033 Kgf/cm$^2$
- barul = $10^5$ Pa = 1,02 at

Când se foloseşte scara presiunilor barometrice se scrie **atb**, iar când se foloseşte scara manometrică se scrie **atm**.

Deseori, în locul unităţilor de măsură arătate, se foloseşte pentru exprimarea presiunilor coloana de lichid sau înălţimea piezometrică corespunzătoare; în aceste cazuri trebuie indicat lichidul respectiv şi eventual temperatura:

- presiunea egală cu o atmosferă tehnică este dată de o coloană de apă de 10 m înălţime la +4 $^{o}$C :

  1 at = 10 m.C.A.
- 1 Kgf/m$^2$ este presiunea corespunzătoare unei coloane de apă de 1 mm la +4 $^{o}$C

*Proprietăţile presiunii hidrostatice:*

1. Presiunea hidrostatică acţionează totdeauna perpendicular pe suprafaţa de acţiune şi este un efort unitar de compresiune;
2. Presiunea hidrostatică este aceeaşi indiferent de direcţia pe care acţionează (nu depinde de direcţie).

*Măsurarea presiunilor.* Pentru măsurarea presiunilor se folosesc manometre. Manometrele se împart în trei categorii: manometre cu lichid, manometre diferenţiale şi manometre metalice.

**Legea fundamentală a hidrostaticii**

Din interiorul unui lichid se separă un volum elementar de lichid de formă paralelipipedică cu laturile după direcţia axelor de coordonate dx, dy, dz, pe care-l considerăm într-un sistem rectangular de coordonate.

Pentru a înlocui efectul lichidului îndepărtat se introduc forţele care ţin în echilibru volumul elementar respectiv (fig.2.1.):

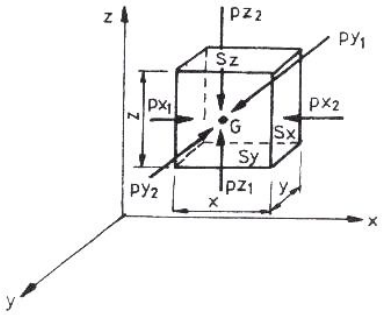



Fig.2.1. Componentele ecuaţiei fundamentale a hidrostaticii

Având în vedere că forţele de presiune hidrostatică pe feţele paralelipipedului reprezintă produsul dintre presiuni şi suprafeţele respective pe care acţionează, iar rezultatele acestor forţe pe cele trei direcţii trebuie să fie nule, deoarece elementul de volum este în echilibru, rezultă că:

$$p_{x1} S_x - p_{x2} S_x = 0 \quad (2.4.)$$

$$p_{y1} S_y - p_{y2} S_y = 0 \quad (2.5.)$$

$$p_{z1} S_z - p_{z2} S_z - G = 0 \quad (2.6.)$$

Din ecuaţiile (2.4.) şi (2.5.) rezultă:

$$p_{x1} = p_{x2} \quad (2.7.)$$

$$p_{y1} = p_{y2} \quad (2.8.)$$

Iar din ecuaţia (2.5.) rezultă:

$$(p_{z1} - p_{z2})S_z - \gamma S_z Z = 0 \quad (2.9.)$$

sau

$$p_{z1} - p_{z2} - \gamma Z = 0 \quad (2.10.)$$

Când volumul de lichid are faţa superioară la suprafaţa liberă a lichidului din care a fost izolat, presiunea $p_{z2}$ reprezintă chiar presiunea exterioară ($p_0$), iar $p_{z1}$ este presiunea (p)

într-un punct din interiorul lichidului, situat la distanţa Z (egală cu h) de suprafaţa liberăn acest caz, ecuaţia 2.10. devine:

$$p - p_0 - \gamma Z = 0 \qquad (2.11.)$$

sau

$$p = p_0 + \gamma h \qquad (2.12.)$$

În ecuaţia (2.12.) termenul $p_0$ reprezintă presiunea pe suprafaţa lia lichidului, iar $\gamma$ h presiunea exercitată de coloana de lichid de înălţime h. Suma acestor presiuni reprezintă presiunea absolută (p).

Ecuaţia (2.12.) reprezintă ecuaţia fundamentală a hidrostaticii şi ea are numeroase aplicaţii practice în diverse probleme privind determinarea presiunilor în interiorul lichidelor.

În practică interesează în special presiunea hidrostatică într-un punct oarecare din masa lichidului, fără a lua în considerare presiunea atmosferică. Aceasta poartă numele de presiune relativă ($p_r$) şi e dată de relaţia:

$$p_r = \gamma h \quad \text{sau} \quad h = \frac{P}{\gamma} \qquad (2.13.)$$

Raportul $\frac{P}{\gamma}$ poartă numele de ***înălţime piezometrică*** şi reprezintă înălţimea unei coloane de lichid care prin greutatea sa dă o presiune egală cu P, sau altfel spus – ***înălţimea coloanei de lichid corespunzătoare presiunii hidrostatice se numeşte înălţime piezometrică.***

***Linia piezometrică*** este linia care uneşte înălţimile piezometrice (relative sau totale) într-un lichid de-a lungul traseului faţă de acelaşi plan de referinţă.

Măsurarea presiunilor. Pentru măsurarea presiunilor se folosesc tuburi piezometrice sau manometre (cu mercur, diferenţiale, metalice). Presiunile sub o atmosferă se măsoară cu ajutorul vacuumetrelor.

Tuburile piezometrice sunt tuburi gradate în centimetri, deschise la ambele capete. Presiunea hidrostatică este indicată prin nivelul la care se ridică lichidul în tubul piezometric care comunică cu tubul respectiv. Cunoscând presiunea specifică a lichidului şi înălţimea lichidului citită în piezometru se poate calcula presiunea în centrul secţiunii de racordare a tubului în vas.

Suprafeţele ale căror puncte sunt caracterizate prin aceeaşi mărime a presiunii hidrostatice se numesc ***suprafeţe echipotenţiale.***

Ecuaţia fundamentală a hidrostaticii se mai poate prezenta şi sub forma:

$$z + \frac{P}{\gamma} = \text{const.} \qquad (2.14.)$$

pentru care se poate da şi o interpretare energetică. Dacă se înmulţesc termenii ecuaţiei cu **mg** (greutatea unei particule de masă), se obţine:

$$mgz + mg\frac{P}{\gamma} = \text{const.} \qquad (2.15.)$$

în care, primul termen (mgz) reprezintă energia potenţială specifică de poziţie, iar al doilea termen ( $mg\frac{P}{\gamma}$ ) reprezintă energia potenţială specifică de presiune, suma lor reprezentând energia potenţială specifică totală.

Relaţia 2.15. exprimă principiul conservării energiei pentru lichidele în stare de repaus în câmp gravitaţional.

***Aplicaţii practice ale hidrostaticii***

În lucrările de îmbunătăţiri funciare hidrostatica îşi găseşte numeroase aplicaţii practice în special în calculul şi dimesionarea diferitelor construcţii hidrotehnice, ca de exemplu baraje, diguri, stăvilare, etc., asupra cărora se exercită forţa hidrostatică a apei.

Forţa hidrostatică a apei (P) reprezintă rezultanta tuturor forţelor elementare de presiune care acţionează pe o suprafaţă. În cazul pereţilor plani, presiunile care apasă asupra

lor sunt paralele între ele şi perpendiculare pe suprafaţa de acţiune, ele crescând proporţional cu adâncimea.

Reprezentând grafic presiunile care acţionează pe o suprafaţă *ab* se obţine volumul presiunilor, care este egal, ca mărime, cu forţa hidrostatică, fig.2.2.

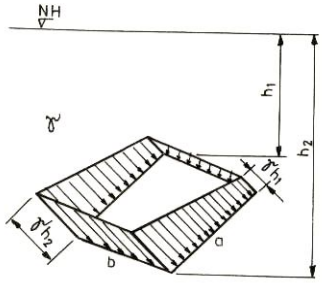



Fig.2.2. Volumul presiunilor

Prin intersecţia acestui volum de presiuni cu un plan perpendicular pe suprafaţa *ab* se obţine diagrama presiunilor, fig.2.3.

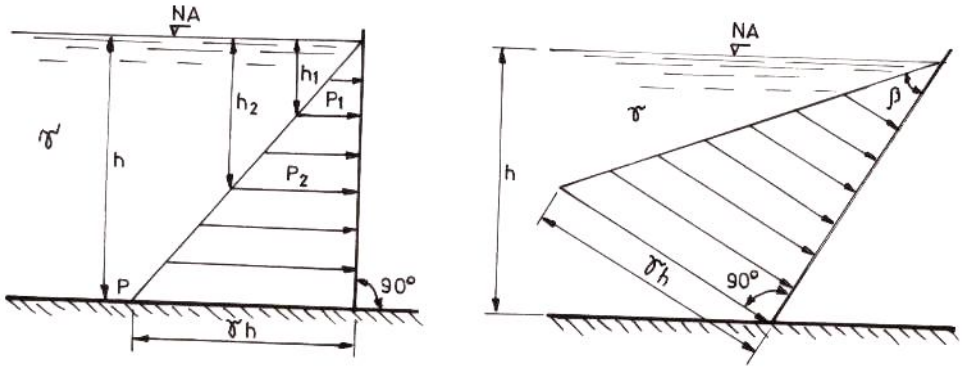



Fig.2.3. Distribuţia presiunilor hidrostatice

Mărimea suprafeţei diagramei de presiune este egală cu forţa hidrostatică specifică ($kgf/m^2$).

Punctul de aplicaţie al forţei hidrostatice este punctul de intersecţie dintre normala dusă prin centrul de greutate al volumului presiunilor la suprafaţa considerată şi această suprafaţă. Acest punct poartă denumirea de **centru de presiune C.**

Presiunea lichidelor se poate manifesta în 3 variante, în funcţie de poziţia suprafeţei respective:

a) Suprafeţe plane orizontale

În acest caz, presiunile sunt egale pe întreaga suprafaţă. Forţa hidrostatică este dată de relaţia:

$$P = \gamma h \ S \qquad (2.16.)$$

Volumul presiunilor are forma unei prisme sau a unui cilindru cu baza de forma suprafeţei considerate (fig.2.4.), centrul de presiune fiind situat în locul în care verticala centrului de greutate al volumului presiunilor intersectează suprafaţa S. El coincide cu centrul de greutate al suprafeţei S.

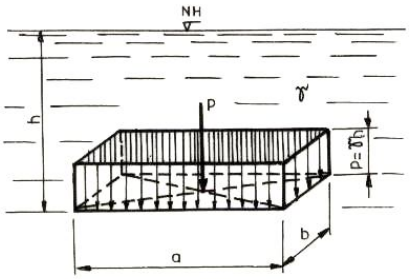



Fig.2.4. Volumul presiunilor pe suprafeţe orizontale

b) Suprafeţe plane verticale. În lucrările de îmbunătăţiri funciare, aceste suprafeţe sunt frecvent întâlnite în cazul pereţilor verticali ai stăvilarelor, rezervoarelor, barajelor, etc.

În cazul unei suprafeţe vertucale dreptunghiulare, de înălţime H şi laţime b, diagrama presiunii apei este un triunghi dreptunghic isoscel (fig.2.5.a) deoarece la suprafaţă presiunea este nulă (h = 0), iar la fund este egală cu $\gamma$ h, ea crescând de la suprafaţă spre fund proporţional cu adâncimea.

Volumul presiunilor are forma unei prisme triunghiulare. În acest caz forţa hidrostatică, care apasă asupra peretelui vertical, este dată de relaţia:

$$P = \frac{1}{2}\ \gamma H^2 b \qquad (2.17.)$$

Centrul de presiune se află la 2/3 H faţă de suprafaţa liberă a lichidului.

În cazul suprafeţelor verticale dreptunghiulare, ale căror margini superioare se află la o anumită adâncime faţă de suprafaţa liberă a lichidului (cum este cazul vanelor de fund) (fig.2.5.b.) forţa hidrostatică de apăsare este dată de relaţia:

$$P=\frac{\gamma H_2 + \gamma H_1}{2}\left(H_2 - H_1\right) b \qquad (2.18.)$$

sau:

$$P = \frac{\left(H_2^2 - H_1^2\right)}{2}\gamma b \qquad (2.19.)$$

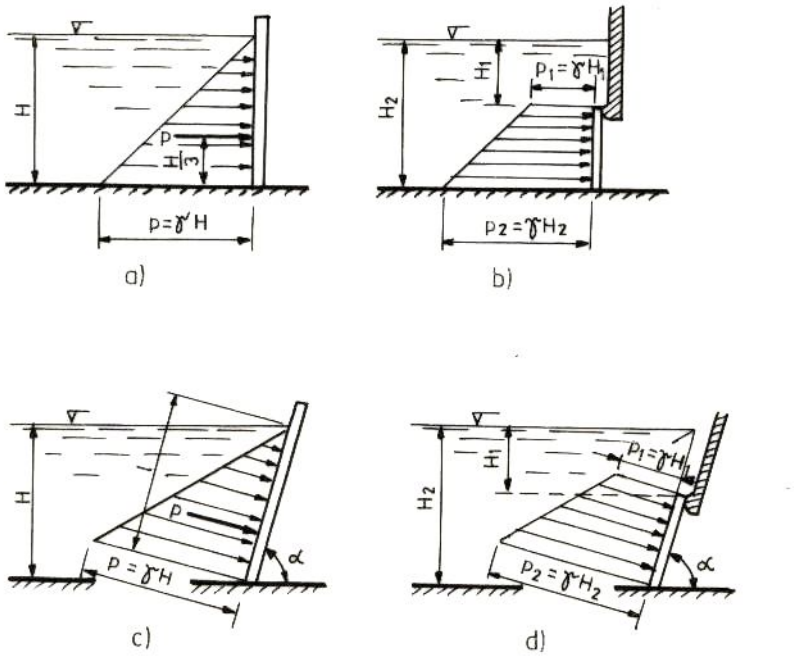



Fig.2.5. Presiunea hidrostatică a apei pe suprafeţe plane

c) Suprafeţe plane înclinate. Astfel de suprafeţe se întîlnesc frecvent în cazul digurilor, barajelor din pământ, taluzurile canalelor, etc.

În această situaţie, suprafaţa respectivă este înclinată cu un anumit unghi, $\alpha$ faţă de planul orizontal (fig.2.5.c.), iar presiunea totală a apei se determină cu relaţia:

$$P = \frac{1}{2\sin\alpha}\gamma H^2 b \qquad (2.17.)$$

Rezultanta P trece prin centrul de greutate al diagramei presiunilor

($z_p = \frac{1}{3} l$)

În cazul suprafeţelor plane înclinate, cu marginea superioară la o anumită adâncime faţă de suprafaţa liberă a lichidului (fig.2.5.d.), formula cu care se calculează presiunea liberă a apei va fi:

$$P = \frac{1}{2\sin\alpha}\gamma\left(H_2^2 - H_1^2\right)b \qquad (2.18.)$$

Rezultanta P trece prin centrul de greutate al diagramei presiunilor.

### 2.1.2. Noţiuni de hidrodinamică

**Hidrodinamica** se ocupă cu studiul legilor de mişcare a lichidelor ţinând seama de forţele care acţionează asupra lor. Pentru a caracteriza mişcarea unui lichid este necesară cunoaşterea presiunii şi vitezei în toate punctele masei de lichid în mişcare, elemente care diferă de la un punct la altul.

Legile de mişcare a lichidelor stabilesc relaţiile care există între presiunile şi vitezele lichidului în diferite condiţii de mişcare a acestuia.

La acţiunea unor forţe exterioare asupra lichidului, forţelor de coeziune din interiorul acestuia sunt reduse, ceea ce face ca lichidul să capete mişcări relative între diversele straturi determinând astfel curgerea lichidului. Însă în timpul curgerii, apar forţe de frecare interioare între straturile lichidului, forţe de vâscozitate care se opun scurgerii şi care îngreunează studiul mişcării lichidelor. De aceea, pentru studiul mişcării lichidelor se fac unele simplificări, în sensul că lichidul se consideră „perfect", adică incompresibil şi fără vâscozitate, iar regimul de curgere este permanent.

#### Clasificarea mişcării lichidelor

Mişcarea apei în albii deschise (canale), precum şi cea a mişcării apei în conducte sunt capitole importante din hidrodinamică cu vaste aplicaţii practice.

***a) în funcţie de cauza care produce mişcarea, acesata poate fi liberă sau sub presiune.***

***Mişcarea liberă a apei*** – are loc când cauza deplasării lichidului o constituie forţa gravitaţională. Mişcarea liberă reprezintă categoria tipică a mişcării apei în albii deschise, în care caz lichidul prezintă o suprafaţă liberă pe care acţionaeză numai presiunea atmosferică, iar deplasarea se datorează numai gravitaţiei.

***Mişcarea sub presiune*** se produce când deplasarea se datorează unei presiuni, diferită de presiunea atmosferică. Mişcarea sub presiune nu prezintă o szprafaţă liberă, lichidul mişcându-se „încorsetat" într-un spaţiu rigid. De exemplu în conducte cu secţiunea plină, deplasarea efectuându-se sub impulsul unei presiuni produsă de o pompo, colană de apă, piston, etc.

***b) Din punct de vedere al variaţiei în timp, mişcările lichidelor pot fi: permanente şi nepermanente.***

***Mişcarea permanentă*** este mişcarea în care viteza în orice punct al curentului nu variază în timp ca direcţie şi mărime.

În acest caz, vitezele sunt constante în timp, liniile de curent nu se modifică, iar debitul este constant de-a lungul unui tub de curent.

Mişcarea permanentă poate fi *uniformă şi neuniformă.*

***Mişcarea nepermanentă (variată)*** este mişcarea în care viteza într-un punct oarecare determinat în spaţiu, varaiază de la un moment la altul. În acest caz, se va modifica şi curbura liniilor de curent. În conducte, trecerea de la mişcarea permanentă la cea nepermanentă se face când se modifică debitul prin închiderea vanelor, când presiunea scade, etc.

***c) În funcţie de variaţiile secţiunii transversale şi a pantei de-a lungul albiilor, mişcarea poate fi uniformă sau neuniformă.***

***Mişcarea uniformă*** reprezintă mişcarea la care liniile de curent sunt drepte, paralele şi ca urmare secţiunea vie este plină.

Mişcarea uniformă este acea mişcare la care vitezele de scurgere în două secţiuni învecinate (puncte omoloage) sunt egale între ele. O astfel de mişcare se înregistrează pe canalele sau albiile rectilinii care nu-şi modifică secţiunea vie, rugozitatea, debitul şi nici panta de-a lungul liniei de curent şi prin urmare viteza ramane constantă. În această situaţie pantele suprafeţei libere a apei (piezometrică), hidraulică şi a fundului sunt egale (fig.2.6.).

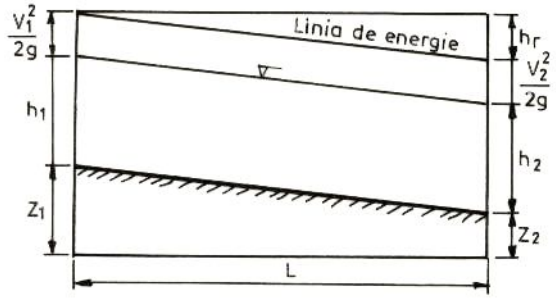



Fig.2.6. Mişcarea uniformă a apei în canale deschise

Panta fundului : $$I = \frac{Z_1 - Z_2}{L} \qquad (2.19.)$$

Panta suprafeţei libere $$= \frac{(Z_1 + h_1) - (Z_2 + h_2)}{L} \qquad (2.20.)$$

Panta hiraulică : $$J = \frac{\left(Z_1 + h_1 + \frac{V_1^2}{2g}\right) - \left(Z_2 + h_2 + \frac{V_2^2}{2g}\right)}{L} = \frac{h_r}{L} \qquad (2.21.)$$

În mişcarea uniformă, repartiţia presiunilor se face după legea fundamentală a hidrostaticii.

***Mişcarea neuniformă*** sau variată, se produce când canalele sau albiile prezintă cotiri bruşte, când secţiunea udată, rugozitatea sau panta se modifică de-a lungul liniei de curent, cînd apar obstacole sau căderi, elemente care modifică viteza apei ca mărime sau direcţie. În această situaţie panta hidraulică, panta piezometrică şi panta fundului canalului au valori diferite. Ca urmare, liniile de curent nu mai sunt paralele între ele, sunt curbe divergente sau convergente.

În mişcarea neuniformă, distribuţia presiunilor nu se mai face după legea fundamentală a hidrostaticii, ci după legi proprii mişcării turbulente, legi complicate care nu pot fi exprimate în relaţii matematice. Din acest motiv s-a definit o nouă clasă de mişcare a apei, între cea uniformă şi cea neuniformă - numită mişcare gradual variată. La această mişcare a apei elementele secţiunii transversale şi cele hidraulice se modifică lent sau gradat de la o secţiune la alta. Liniile de curent au o curbură mult mai mică, fiind aproape plane şi paralele; de aceea se presupune că distribuţia presiunilor în secţiune transversală are loc după legea fundamentală a hidrostaticii (fig.2.7.).

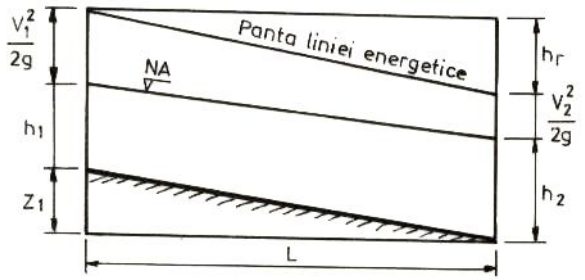



Fig.2.7. Mişcarea apei gradual variată în canale deschise

***d) În funcţie de structura fizică a mişcării (structura internă) aceasta poate fi de tip laminar sau turbulent.***

În cazul mişcării laminare, liniile de curent sunt rectilinii şi paralele între ele, curgere făcându-se în straturi paralele, particulele de fluid nu trec dintr-un strat în altul (lamina - în latină- înseamnă strat) (fig.2.8.a).

Mişcarea turbulentă are structură aparent dezordonată, iar vitezele locale au aspect pulsatoriu în jurul unor valori medii temporale, ceea ce conduce la un amestec între straturi (fig.2.8.b).

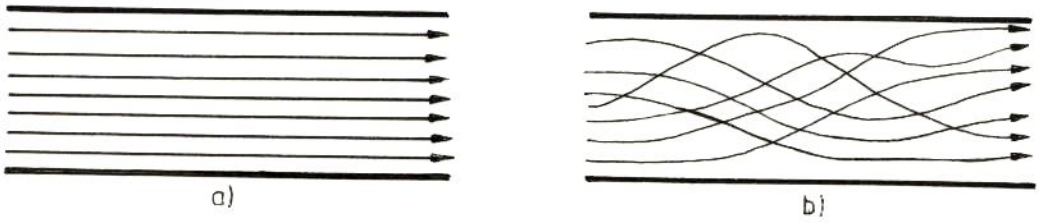



Fig.2.8. Traiectoriiile liniilor de curent în mişcarea laminară (a) şi turbulentă (b)

**Reynolds** a demonstrat pe cale experimentă că în conducte, natura regimului de mişcare laminar sau turbulent, depinde de trei parametrii:

- viteza medie a lichidului
- diametrul conductei
- vâscozitatea lichidului

În funcţie de cei trei parametrii, Reynolds a stabilit un număr criterial adimensional care-i poartă numele:

$$\mathrm{Re} = \frac{V\,d}{\upsilon} \qquad (2.22.)$$

în care: V - viteza medie într-o conductă circulară
d – diametrul interior
ν - coeficient de vâscozitate cinematică

Când *numărul Reynolds* depăşeşte valoarea critică Re cr. ≈ 2320, mişcarea trece din laminare în turbulentă. În practică o importanţă deosebită o reprezintă mişcarea turbulentă.

***Ecuaţiile de bază ale hidrodinamicii***

***1. Ecuaţia de continuitate*** – este prima ecuaţie de bază a hidrodinamicii şi ea rezultă din aplicarea principiului conservării masei, în cazul mişcării lichidelor:

$$Q = \omega v \qquad (2.23.)$$

în care: Q – debitul curentului lichid

v – viteza medie a curentului

ω - suprafaţa secţiunii transversale a curentului

Conform acestei ecuaţii, în mişcarea permanentă, indiferent dacă vitezele medii şi secţiunile de scurgere vor varia de-a lungul curentului, debitul de lichid în diverse secţiuni rămâne constant, adică:

$$\omega_1 v_1 = \omega_2 v_2 = \omega_3 v_3 = Q = \text{constant} \qquad (2.24.)$$

Din relaţia (2.24.) rezultă că:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \qquad (2.25.)$$

adică vitezele medii sunt invers proporţionale suprafeţele secţiunilor de scurgere corespunzătoare.

***2. Ecuaţia lui Bernoulli*** - este a doua ecuaţie fundamentală a hidrodinamicii, care rezultă din aplicarea principiului conservării energiei în cazul mişcării lichidelor. Această ecuaţie poate fi enunţată astfel: *suma celo r trei înălţimi, de poziţie, de presiune şi cinetică este constantă pentru toate particulele unui fir de curent.*

Această constantă se notează cu H şi se numeşte **sarcină hidrodinamică.**

Această ecuaţie are o importanţă deosebită deoarece ea stabileşte legătura dintre vitezele şi presiunile din diferite secţiuni ale unui fir de curent.

*Expresia ecuaţiei lui Bernoulli în cazul unui lichid ideal* (lipsit de vîscozitate şi compresibilitate) este:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \qquad (2.26.)$$

sau în formă generalizată:

$$Z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = H = constant \qquad (2.27.)$$

în care:

Z – energia specifică de poziţie (înălţimea de poziţie), are dimensiunea unei lungimi şi reprezintă poziţia diferitelor puncte ale firului de curent deasupra planului de referinţă

$\frac{p}{\gamma}$ - energia specifică de presiune (înălţimea piezometrică) şi reprezintă presiunea în punctul respectiv, exprimată prin înălţimea unei coloane de lichid

Suma termenilor $Z + \frac{p}{\gamma}$ reprezintă energia specifică potenţială, adică energia potenţială a unei particule de lichid care are greutatea egală cu unitatea;

$\frac{v^2}{2g}$ - energia cinetică a particulei (înălţimea cinetică) adică energia cinetică raportată la unitatea de greutate:

$$\frac{mv^2}{2}:G=\frac{mv^2}{2}\cdot mg=\frac{v^2}{2g} \qquad (2.28.)$$

Constanta ***H*** din relaţia (2.27.) se numeşte ***sarcină hidrodinamică.***

În sens energetic, *ecuaţia lui Bernoulli* poate fi enunţată astfel: *în cazul mişcării permanente a unui lichid perfect, energia specifică totală, formată din energia specifică potenţială şi energia specifică cinetică, este constantă de-a lungul unui fir de curent.*

În sens geometric, *ecuaţia lui Bernoulii* poate fi interpretată astfel: dacă deasupra planului orizontal de referinţă se ridică verticale (fig.2.9.) pe care se reprezintă, la scara înălţimilor, segmente proporţionale cu valorile Z, $\frac{p}{\gamma}$ şi $\frac{v^2}{2g}$ se obţine ***linia presiunilor,*** numită ***linie piezometrică*** şi ***linia sarcinii hidrodinamice,*** numită şi ***linie de energie.***

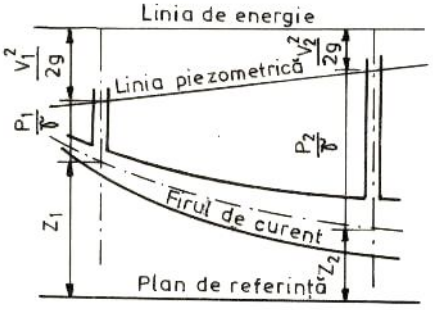



Fig. 2.9. Interpretarea geometrică a ecuaţiei lui Bernoulli în cazul lichidelor ideale

*Expresia ecuaţiei lui Bernoulli în cazul mişcării lichidelor reale*

În cazul mişcării lichidelor reale (compresibile şi cu viscozitate) apar forţe tangenţiale care se opun mişcării lichidului. In acest caz sarcina hidrodinamică (H) nu mai este constantă, ea se reduce ca mărime de-a lungul unui fir de curent. Această reducere, înregistrată între două secţiuni succesive (1, 2), se numeşte ***pierdere de sarcină ($h_r$).***

Astfel, expresia matematică a ecuaţiei lui Bernoulli în cazul mişcării permanente a lichidelor reale, va fi:

$$Z_1+\frac{p_1}{\gamma}+\frac{v_1^2}{2g}=Z_2+\frac{p_2}{\gamma}+\frac{v_2^2}{2g}+h_r \qquad (2.29.)$$

Reperezentând grafic ecuaţia lui Bernoulli pentru un lichid real (fig.2.10.) linia de energie nu mai este orizontală, ci o curbă cu o anumită înclinare în sensul de scurgere a lichidului. Apare însă în plus un segment care reprezintă pierderea de sarcină, $h_r$.

Pierderea de sarcină apare deoarece mişcarea fluidelor este întotdeauna însoţită de transformarea unei părţi din energia hidraulică în energie calorică, şi nu poate fi recuperabilă din punct de vedere hidraulic.

Raportul între pierderea de sarcină între două secţiuni şi distanţa dintre cele două secţiuni se numeşte pantă hidraulică a curentului (J). În mişcarea uniformă, panta hidrulică este dată de relaţia:

$$J = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{\left(Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g}\right) - \left(Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g}\right)}{L} = \frac{h_r}{L} \qquad (2.30.)$$

În cazul mişcării uniforme a apei în canale deschise (fig.2.11.) ecuaţia lui Bernoulli va fi:

$$Z_1 + h_1 + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_r \qquad (2.31.)$$

$$h_r = I_c \, L \qquad (2.32.)$$

în care:

Z – energia specifică de poziţie;

h – energia specifică de presiune sau înălţimea coloanei de apă, $h = \frac{p}{\gamma}$;

$\frac{v^2}{2g}$ – energia cinetică specifică a masei (înălţimea cinetică);

$I_c$ – panta canalului;

L – lungimea canalului.

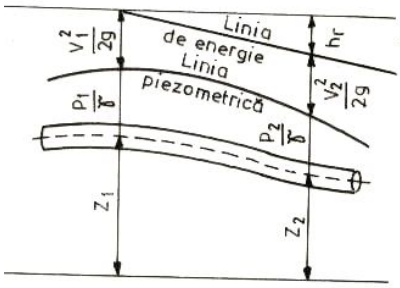



Fig.2.10. Interpretarea ecuaţiei lui Bernoulli pentru un fir de lichid real

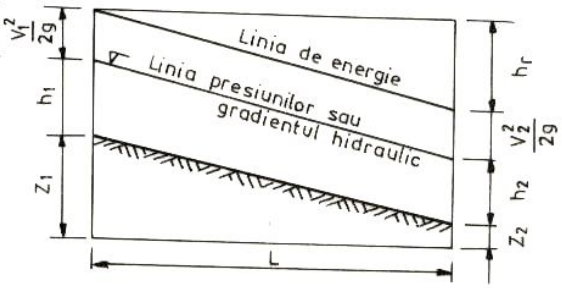



Fig.2.11. Reprezentarea energetică a ecuaţiei lui Bernoulli aplicată canalelor

Ecuaţia lui Bernoulli aplicată la conducte (fig.2.12.) are următoarea expresie:

$$Z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_r \qquad (2.33.)$$

$$h_r = h_f + h_{rl} = h_{r1} + h_{f1} + h_{r2} + h_{f2} + h_{f3} \qquad (2.34.)$$

$$h_f = \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \qquad (2.35.)$$

$$h_{rl} = \xi \frac{v^2}{2g} \qquad (2.36.)$$

în care:

$h_r$ – pirderile de sarcină totale ;

$h_f$ – pirderile de sarcină liniare ;

$h_{rl}$ – pirderile de sarcină locale, care se produc în zonele de scurgere cu neuniformitate pronunţată (coturi, ramificaţii, măriri sau îngustări de secţiuni, robinete, vane, etc.), ($h_{r1}$ – pierderi de sarcină prin expansiune; $h_{r2}$ – pierderi de sarcină prin contracţie);

v – viteza apei ;

L – lungimea conductei ;

d – diametrul conductei ;

λ – coeficientul de rezistenţă (ales în funcţie de rugozitatea conductei şi regimul de scurgere) ;

ξ – coeficientul de pierderi de sarcină locală (cu variaţii între 0,5 şi 10).

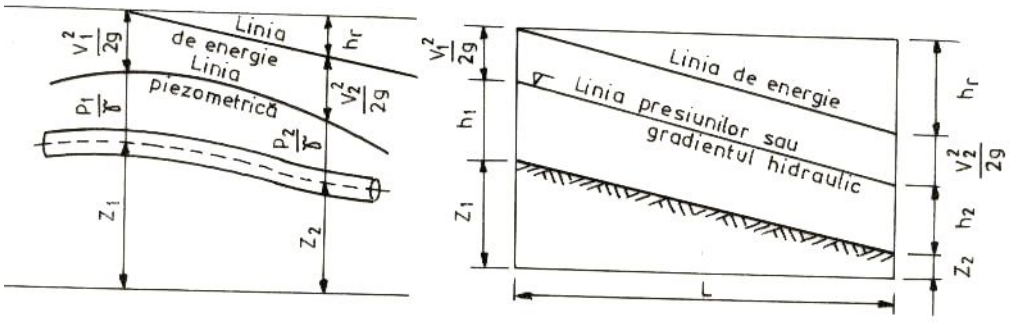



Fig.2.12. Reprezentarea energetică a ecuaţiei lui Bernoulli aplicată conductelor

Din ecuaţia (2.35.) rezultă că pierderile de sarcină sunt direct proporţionale cu lungimea curentului de apă şi pătratul vitezei medii şi invers proporţionale cu diametrul conductei. Pierderile de sarcină mai sunt influenţate de asemenea de natura lichidului şi a materialului din care sunt confecţionate conductele – respectiv de coeficientul de vâscozitate şi de rugozitate.

Cele două ecuaţii fundamentale ale hidrodinamicii (ecuaţia de continuitate şi ecuaţia lui Bernoulli) au numeroase aplicaţii în tehnică, cum ar fi: calculul hidraulic al canalelor şi conductelor, al scurgerii lichidelor prin orificii şi ajutaje, peste deversoare, etc.

## 2.2. NOŢIUNI DE HIDROLOGIE

### 2.2.1. Definiţie. Generalităţi

**Hidrologia** – este ştiinţa care se ocupă cu studierea resurselor de apă de la suprafaţa scoartei terestre a globului pământesc. Ea studiază proprietăţile şi dinamica apelor, legile care dirijează distribuţia lor, modificările variaţiilor cantitative şi calitative, în timp şi spaţiu, precum şi influenţa reciprocă cu ceilalţi factori naturali.

Cuvântul *hidrologie,* este de origine greacă şi înseamnă ştiinţa despre apă (hydro – apă şi logos - ştiinţă).

Prin metodele de observaţie, de măsurare şi prognoză a evoluţiei parametrilor hidrologici, hidrologia are în vedere folosirea economică a resurse de apă.

Hidrologia se împarte în trei părţi principale:

- hidrologia generală, care studiază caracteristicile şi legile generale ale apelor de la suprafaţa scoarţei terestre,
- hidrografia, studiază şi descrie factorii geomorfologici ai cursurilor de apă şi lacurilor dintr-un anumit amplasament (bazine hidrgrafice, văi, albii ale unor cursuri de apă, etc.),
- hidrometria care se ocupă cu studiul şi descrierea metodelor de masurare, înregistrarea şi prelucrarea datelor hidrologice.

În vederea stabilirii elementelor de proiectare şi exploatare a lucrărilor de îmbunătăţiri funciare, hidrologia furnizează date care cuprind modificările regimului hidrologic, precum şi a fenomenelor hidologice cu caracter general deoarece aceste lucrări hidroameliorative trebuie să determine o folosire cât mai raţională a apei şi a teritoriului.

Una din noţiunile hidrologiei care interesează în lucrările de îmbunătăţiri funciare este circuitul apei în natură.

### 2.2.2. Circuitul apei în natură

***Circuitul apei*** este un proces complex prin care apele din natură trec succesiv prin diverse stadii: de evaporaţie, de nori, de precipitaţii, de infiltaţie şi de scurgere. Acest proces se repetă la nesfârşit sub influenţa directă a energiei solare, a curenţilor de aer şi a gravitaţiei. Astfel, apele existente la suprafaţa uscatului, mărilor şi oceanelor se află într-un echilibru relativ, datorită faptului că se gasesc într-un circuit continuu: hidrosferă, atmosferă, hidrosferă, denumit circuitul apei în natură.

Ca aspect general, pe suprafaţa uscatului, mărilor şi oceanelor cad precipitaţii foarte variabile în timp şi spaţiu, dar cu anumite periodicităţi pentru diferite zone. Aceste ape ajunse la suprafaţa solului determină o serie de fenomene specifice şi anume: o parte se scurge la suprafaţa solului, iar alta se infiltrează în adâncime. În paralel apar şi alte fenomene cum ar fi umezirea solului, scurgeri subterane, evaporaţie, condensare etc.

În principiu, circulaţia apei în natură poate fi diferenţiată în două circuite: unul la suprafaţa mărilor şi oceanelor şi altul la suprafaţa uscatului (fig. 2.13.).

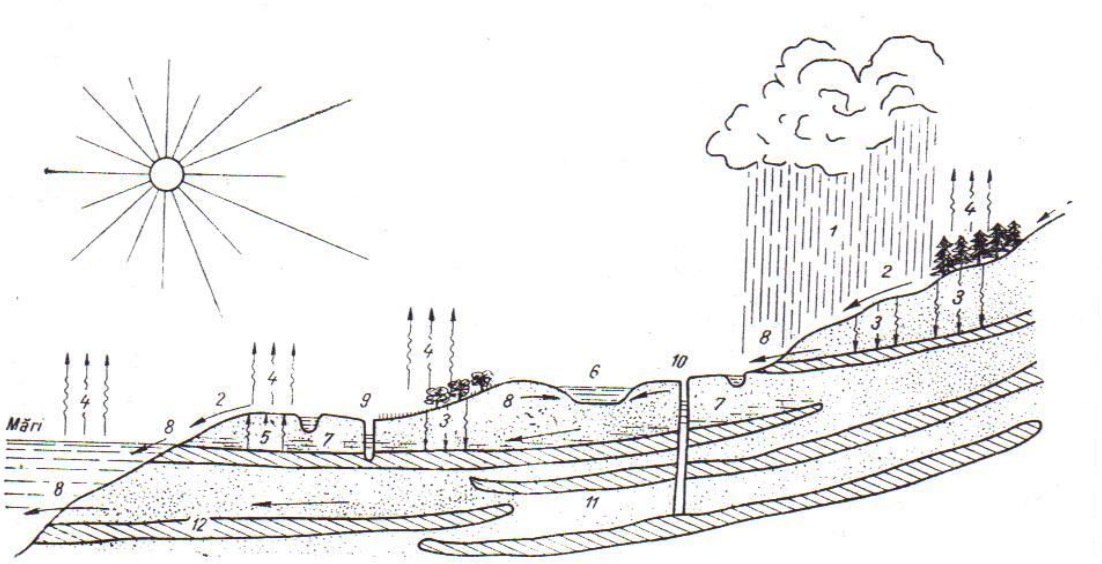



Fig.nr.2.13. Circuitul apei în natură

1 – precipitaţii; 2 – scurgeri de suprafaţă; 3 – infiltraţii; 4 – evaporaţie; 5 – capilaritate;
6 – râuri, bălţi, lacuri; 7 – apă freatică; 8 – izvoare; 9 – puţuri hidrogeologice;
10 – foraje de mare adâncime; 11 – ape subterane captive; 12 – straturi impermeabile

În primul caz are loc un proces de evaporare la suprafaţa apei, iar vaporii de apă rezultaţi se ridică în atmosferă sub formă de nori apoi prin condensare să revină înapoi sub formă de precipitaţii. În al doilea caz vaporii de apă rezultă din fenomenele de evaporaţie şi transpiraţie de la suprafaţa solului, apelor de suprafaţă şi vegetaţiei, prin condensare revin la suprafaţa uscatului prin precipitaţii. O parte din aceste ape revenite la suprafaţa uscatului ajung înapoi în mări şi oceane prin fenomenele de scurgere de suprafaţă şi subterană.

Acesta este circuitul apei în natură sub aspect general, însă există mari diferenţe în ceea ce priveşte distribuţia fenomenelor în timp şi spaţiu, din care cauză apar zone foarte umede, umede şi aride.

Lucrările de îmbunătăţiri funciare împreună cu măsurile agro-pedoameliorative, organizarea teritoriului, etc. tind să modifice, într-o anumită măsură, unele caractere naturale ale acestor fenomene în funcţie de cerinţele plantelor, de necesităţile omului, de protecţia mediului şi a vieţii pe pământ.

Între circuitului apei în natură şi lucrările de îmbunătăţiri funciare există o legătură directă, aceasta fiind determinată de principalii factori, cum sunt: precipitaţiile atmosferice, infiltraţia, evaporaţia şi transpiraţia, scurgerea.

**1. Precipitaţiile atmosferice.** În atmosferă se găsesc vapori de apă, rezultaţi din evaporaţie la suprafaţa apei şi na solului precum şi din fenomenele de transpiraţie, care condensându-se formează apa cade sub formă de precipitaţii. O parte din vaporii de apă se condensează chiar la suprafaţa solului sub formă de rouă, brumă, chiciură. Precipitaţiile pot cadea sub formă de ploaie, zăpadă, grindină. Ele influenţează în mod diferit asupra solului, vegetaţiei, scurgerii şi infiltraţiei.

Dintre acestea ploaia are o influenţă directă şi imediată asupra acestor factori, în schimb influenţa zăpezii se manifestă prin durata acoperirii, grosimea stratului de zapadă şi prin intensitatea topirii zăpezii.

Precipitaţiile atmosferice reprezintă sursa naturală de aprovizionare cu apă a solului. Repartiţia neuniformă a lor asociată şi cu caracteristicile altor factori naturali (temperatura, însuşirile solului etc.), fac ca să existe zone cu cantităţi de precipitaţii suficiente în raport cu nevoile plantelor şi a vieţii pe pamânt, precum şi zone cu cantităţi de precipitaţii excesive sau foarte reduse.

O ploaie se caracterizează prin: *cantitate, durată şi intensitate*.

Cantitatea de apă se exprimată în mm iar durata (perioada de timp în care s-au produs precipitaţiile) se exprimă în unitaţi de timp, de obicei minute.

Analiza cantitativă a precipitaţiilor căzute într-o anumită zonă iau în calcul media multianuală a unor observaţii de peste 100 de ani. Din această analiză s-a constatat că precipitaţiile medii anuale au o variaţie mare de la un an la altul în jurul unei valori medii. În acest sens, în calculele hidrologige se foloseşte media multianuală a precipitaţiilor înregistrate la o staţie meteorologică pe o perioadă cât mai îndelungată şi cât mai recentă. Precipitaţiile medii multianuale pe întreaga ţară se ridică la 630 mm/an.

În România repartiţia precipitaţiilor este foarte variabila atât în timp cât şi în spaţiu. Astfel, cantitatea cea mai mare de precipitaţii cade la sfarşitul primăverii – începutul verii şi în timpul iernii, iar cantitatea cea mai redusă de la mijlocul lunii iunie până în octombrie-noiembrie.

Repartiţia precipitaţiilor din punct de vedere geografic prezintă valori mai mici de 500 mm/an la altitudini < 100 m (Dobrogea, sudul şi sud-estul Moldovei, Câmpia Dunării), 600 mm/an la altitudini cuprinse între 100–200m, 700- 800 mm/an la 200-300 m altitudine şi 700-900 mm/an la 300 – 700m altitudine. Astfel, se constată că relieful are un rol hotărâtor în repartiţia precipitaţiilor, care cresc în funcţie de altitudine cu aproximativ 22 mm la 100 m.

Cunoşterea repartiţiei anuale, lunare şi decadale a precipitaţiilor, permite să se facă aprecieri asupra necesităţii irigaţiei sau drenajului pentru o anumită zonă, să se determine perioadele cu exces sau deficit de umiditate.

Anii cei mai ploioşi au fost anii 1897, 1912, 1970, 1975, 2005 şi 2006 iar cei mai secetoşi 1896, 1906, 1947, 1985-1988, 2000.

Raportul între cantitatea de precipitaţii căzute şi durată se numeşte *intensitatea ploii,* care are un rol important în formarea scurgerii şi infiltraţiei şi în acelaşi timp în evoluţia unor forme de degradare a solului.

Intensitatea ploii se poate exprima în mm/minut sau în l/s.ha şi este dată de relaţiile:

$$I = \frac{P}{t} \quad ; \quad I_s = 166{,}7\frac{P}{t} \qquad (2.37.)$$

în care:

I – intensitatea precipitaţiilor, mm/minut

P – cantitatea de precipitaţii, mm
t – durata ploii, minute
$I_s$ – intensitatea ploii, l/s ha

Paralel cu intensitatea şi durata precipitaţiilor trebuie studiată şi frecvenţa cu care se repetă anumite ploi.

Din punct de vedere al intensităţii, ploile pot fi *de durată* şi sub formă *de averse*. Primele se caracterizează prin intensitate mică, durata mare si acopera de obicei suprafete mari, iar aversele prin cantităţi mari în perioade de timp scurte şi acoperă suprafeţe de teren relativ mici.

Ploile care depaşesc o anumită intensitate medie într-un interval de timp dat sunt numite *ploi torenţiale*. Se consideră ploi torenţiale cele care la anumite durate depăşesc intensităţile din tabelul nr.2.1.

Tabelul nr.2.1.

Caracterizarea torenţialităţii ploii în funcţie de durată şi intensitate

| Durata, minute | Intansitatea, mm/min |
|---|---|
| 1 - 5 | 1,0 |
| 6 - 15 | 0,8 |
| 16 – 30 | 0,6 |
| 31 – 45 | 0,5 |
| 46 – 60 | 0,4 |
| 61 – 120 | 0,3 |
| 121 – 180 | 0,2 |
| > 180 | 0,1 |

Studiul intensităţii ploilor are o importanţă deosebită în proiectarea lucrărilor de regularizare a scurgerii şi de combatere a eroziunii solului,

S-a constatat că o strânsă legătură există între durata, intensitatea şi suprafaţa acoperită de o ploaie torenţială: cu cât ploaia torenţială are o intensitate mai mare cu atât cade pe o suprafaţă mai mică şi are o durată mai mică. Astfel de ploi produc scurgeri mari şi constituie o cauză a eroziunii solului.

Cea mai mare ploaie torenţială, a patra în seria celor mai mari ploi torenţiale din lume (Linsley şi colab., 1958) a căzut la Curtea de Argeş, la 9 iulie 1889, când timp de 20 de minute au cazut 209 mm precipitaţii, determinând o intensitate a ploii de 10,25 mm/minut. Se consideră ploi torenţiale care produc eroziune, ploile care au de regulă o intensitate mai mare de 0,5 mm/minut şi o cantitate totală de peste 10 mm.

**Tipul ploilor torenţiale** se stabileşte în funcţie de poziţia nucleului de intensitate maximă. Astfel, se pot întâlni următoarele 5 tipuri de ploi, (fig.2.14.):

- cu intensitate uniformă pe toată durata, (a)
- cu intensitate mare la început, (b)
- cu intensitate mare la mijloc, (c)
- cu intensitate mare la sfârşit, (d)
- cu mai multe nuclee torenţiale, (e)

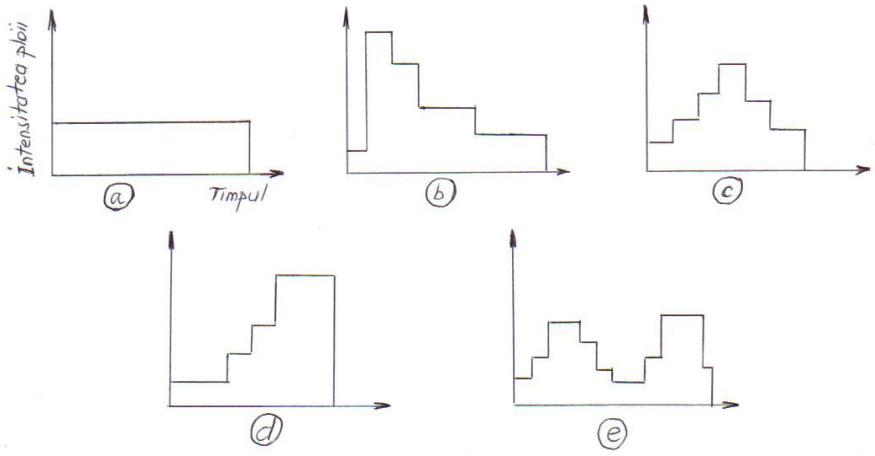



Fig.2.14. Tipuri de ploi torenţiale

Scurgerea apei pe versanţi este influenţată de tipul ploilor torenţiale; astfel, scurgerile cele mai mari le produc ploile cu intensitate maximă la mijloc, la sfârşit sau cu mai multe nuclee, deoarece la aceste tipuri de ploi torenţiale intensitatea maximă se înregistrează când solul este deja saturat şi nu mai poate înmagazina apa.

***Cantităţile maxime căzute într-o anumită perioadă.***

*Precipitaţiile maxime zilnice*, reprezintă cantitatea cea mai mare de apă căzută într-o anumită zonă în 24 ore, valori care se iau în considerare la calculul debitelor maxime pe cale indirectă.

Precipitaţiile ajung la suprafaţa terenului sub formă de picături (cu diametrul de 0,5 – 2,0 mm, şi o viteză la cădere de 2-8 m/s).

Cantităţile maxime căzute în 24 de ore constituie o caracteristică de care trebuie să se ţină seama la proiectarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare, dar mai ales la lucrările de combatere a eroziunii solului.

Precipitaţiile maxime în 24 de ore, înregistrate la Bucureşti au fost de 136,6 mm, la Deva de 262 mm, Constanţa – 111,6 mm şi Vârful Omu de 115 mm. Cantitatea cea mai mare de apă cazută în 24 ore a fost înregistrată la 24 august 1924, la Letea din Delta Dunării, când au cazut 691 mm, depăşind cantitatea de precipitaţii care cade într-un an. Este una din cele mai mari ploii din lume.

*Cauza principală a formării norilor, plecând de la umiditatea conţinută în aer şi transformarea norilor în ploaie, este răcirea masei de aer, proces de origine dinamică. De fapt, norul este o masă de aer conţinând în suspensie un mare număr de mici picături cu ø = 1 – 20 μ, distanţate la cca. 1 mm între ele. Ploaia este formată din picături cu ø de 0,5 – 2,0 mm, deci de cca. un milion de ori mai mare.*

*Prin concentrarea micilor picături de apă în jurul unor nuclee solide (particule de gheaţă, nuclee higroscopice de NaCl, $CaSO_4$, MgCl existente în suspensie în aer) se formează picătura de ploaie care cade spre suprafaţa terenului.*

Viteza de cădere şi mărimea picăturilor au o influenţă deosebită asupra fenomenelor de tasare, infiltrare, scurgere şi eroziune.

In ceea ce priveşte frecvenţa ploilor, se calculează valorile cu o anumită asigurare în funcţie de necesitatea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare.

*Asigurarea de calcul* (exprimată în procente) poate fi definită ca probabilitatea de repetare a unui fenomen într-un interval de timp dat: precipitaţii, niveluri, debite, etc. De exemplu, o anumită valoare a precipitaţiilor ce corespunde unei asigurări de 10%, arată ca la 100 de ani, numai în 10 ani se poate obţine sau se depăşeşte valoarea considerată. Pentru calculul curbei teoretice de asigurare se foloseşte metoda statistică,

prin următorii parametrii: media şirului de date analizate ($Q_0$), coeficientul de variaţie ($C_v$) şi coeficientul de asimetrie ($C_s$).

In cazul curbei empirice de asigurare se foloseşte relaţia:

$$P = \frac{i}{n+1}100 \quad (\%) \qquad (2.38.)$$

în care :

$P$ - asigurarea de calcul, în % ;

$i$ - numărul de ordine din şirul de valori analizat şi ordonat in sens descrescator ;

$n$ - numărul de termeni din şirul de valori analizate.

În lucrările de îmbunătăţiri funciare se iau în considerare diferite asigurări în funcţie de tipul lucrărilor hidrotehnice. Astfel, în lucrări de combaterea eroziunii solului se folosesc în calcule, ploile torenţiale cu asigurări între 5 – 10 % , pentru irigaţii, ploile torenţiale cu asigurarea de 80%, iar în lucrările de drenaje – desecări, ploile torenţiale cu asigurarea de 5 %.

**2. Infiltraţia** este procesul prin care apa pătrunde prin suprafaţa solului în profilul de sol. Procesul de infiltrate al apei în sol este rezultatul acţiunii combinate al forţelor gravitaţionale, capilare, de adsorbţie şi al presiunii hidrostatice.

Infiltraţia este una din fazele ciclului hidrologic asupra careia se poate interveni în mare masură, în scopul măririi vitezei de infiltraţie a apei în sol. Prin mărirea infiltraţiei apei în sol se asigură, în regiunile secetoase, înmagazinarea unei mai mari cantităţi de apă în sol, apa care va asigura recoltele, în timp ce pe terenurile în pantă infiltraţia mai ridicată reduce scurgerile de suprafaţă şi în felul acesta se diminuează eroziunea solului. În plus, se asigură aprovizionarea apelor subterane, cursurilor de apă, a lacurilor etc.

Infiltraţia se exprimă în înalţime coloană de apă infiltrată în sol în unitatea de timp, de exemplu mm/oră sau cm/oră.

Infiltratia este influenţată de:

- proprietăţile fizice şi chimice ale solului,
- acoperirea terenului şi starea suprafeţei solului înainte de începerea ploii,
- umiditatea iniţială a solului,
- intensitatea şi durata ploii,
- temperatura solului şi a apei şi
- panta terenului.

***a. Proprietăţile solului.*** Viteza de infiltraţie a apei depinde în mare masură de textura solului, de gradul de agregare sau structura solului şi de modul de aranjare a particulelor şi agregatelor. Toţi aceşti factori influenţează porozitatea solului. Aceasta reprezintă un alt indice în funcţie de care se poate aprecia viteza de infiltraţie.

In general, infiltraţia creşte odată cu *diametrul porilor* de la su-prafaţa solului, deci viteza de infiltraţie cea mai mare se obţine pe solurile cu textură grosieră şi scade către solurile cu textură fină. Solurile argiloase prin umezire îşi măresc volumul prin fenomenul de gomflare, reducându-se astfel porozitatea şi viteza de infiltraţie a apei în sol.

Menţinerea unei porozităţi ridicate, mai ales pe solurile argiloase, se poate realiza prin lucrări agricole raţionale – aplicarea unui număr mare de lucrări agricole, păşunatul neraţional, contribuie la compactarea solului şi deci la reducere vitezei de infiltraţie.

Infiltraţia mai depinde şi de *conţinutul în materie organică* a stratului superior al solului ca şi de prezenţa unor orizonturi impermeabile.

***b. Acoperirea terenului şi starea suprafeţei solului înainte de începerea ploii*** au o influenţă deosebită asupra infiltraţiei apei în sol.

Pentru a scoate în evidenţă efectul negativ al stratului de crustă este suficient să se prezinte rezultatele unei experienţe intreprinse de Duley citat de Schwab O. G. şi colab., 1966. Astfel, într-o experienţă solul a fost acoperit cu un strat de mulci din paie, şi ca urmare infiltraţia s-a menţinut constantă. S-a observat că după îndepărtarea stratului de mulci după 40 de minute, infiltraţia s-a redus foarte rapid, la 1/6 din valoarea iniţială. După aceea, s-a înlăturat stratul compact de la suprafaţă, s-a acoperit solul cu pânză de sac şi ca urmare infiltraţia a crescut foarte mult depaşind chiar valoarea iniţială, pentru ca prin îndepartarea mulciului să se reducă iaraşi, chiar mai evident decât în primul caz.

Lucrările solului, prin modificarea rugozităţii suprafeţei, influenţează infiltraţia apei în sol, în special înainte de formarea crustei.

Infiltraţia, înainte de începerea scurgerii, a fost de două ori mai mare pe terenurile proaspăt arate faţă de terenurile proaspăt arate, discuite şi grăpate.

Mulcirea executată toamna (2,4 t/ha paie înainte de arătură şi 1,2 t/ha după arătură) a asigurat o infiltaţie de 7 ori mai mare înainte de începerea scurgerii şi de 4 ori mai mare după începerea scurgerii în primăvara următoare, în comparaţie cu aratul, discuitul şi grăpatul în primăvară şi de 3 ori mai mare faţă de terenurile arate în primăvară (Burwell şi colab. 1968).

Aceste experienţe scot în evidenţă necesitatea alegerii lucrărilor solului pe terenurile în pantă şi rolul deosebit de important al mulcirii suprafeţei terenului în scopul măririi vitezei de infiltraţie şi reducerii eroziunii solului.

Infiltraţia este puternic influenţată de *gradul de acoperire* cu vegeta-ţie şi *tipul de vegetaţie,* în sensul că un teren acoperit cu vegetaţie protejează solul de picăturile ploii, ca urmare, nu se mai formează crusta şi astfel infiltraţia se menţine ridicată.

Infiltaţia este foarte mult redusă şi de grindina cazută pe un sol umed.

c. **U*miditatea iniţială a solului***. Cercetările au evidenţiat faptul că infiltraţia este mult mai mică pe solurile cu un conţinut ridicat de umiditate. Reducerea se datorează în mare masură faptului că umiditatea iniţială ridicată duce la gonflarea coloizilor din sol şi astfel se reduce porozitatea şi viteza de mişcare a apei. Ca urmare, determinarea vitezei de infiltraţie a apei în sol trebuie să se facă atât pe solul uscat cât şi pe cel umed, fiind folosite valorile minime în lucrările de proiectare. Concluzia acestor cercetari, pe plan naţional şi internaţional este că cele mai mari scurgeri de suprafaţă (eroziuni) au loc în perioadele cu ploi torenţiale care cad în intervale scurte de timp.

d. ***Intensitatea şi durata ploii.*** Viteza de infiltraţie a apei creşte odată cu *intensitatea ploii* pâna la o anumită mărime a picăturilor, de la care efectul distructiv asupra solului duce la reducerea infiltraţiei. Acest fenomen nu se observă pe terenurile acoperite cu o vegetaţie încheiată.

*Durata ploii,* influenţează de asemenea, viteza de infiltraţie, prin reducerea acesteia odată cu creşterea duratei ploii.

***e. Temperatura solului şi a apei*** influenţează în mai mică măsură viteza de infiltraţie. S-a observat că infiltraţia creşte odată cu temperatura pâna la 35°C, pentru ca apoi să descrească. Această creştere se datorează micşorării vâscozităţii apei. Infiltraţia se reduce foarte mult pe solurile îngheţate.

***f. Panta terenului*** are o influenţă mai mare asupra infiltraţiei pâna la valoarea de 2%, la pante mai mari de 2% influenţa nu mai creşte semnificativ.

Prin analiza factorilor care influenţează infiltaţia rezultă că viteza de infiltraţie diferă de la un anotimp la altul în funcţie de gradul de acoperire, durată şi intensitatea ploilor torenţiale, temperatură, etc. Pentru ca infiltraţia apei în sol să poată fi modificată este deci necesar să se aplice lucrări agrotehnice care să menţină solul afânat şi astfel să-i asigure o porozitate ridicată.

**3. Evaporaţia şi transpiraţia — evapotranspiraţia.**

O componentă importantă a circuitul apei în natură îl reprezintă procesul de evaporare, care în condiţii naturale se produce tot timpul anului.

***Evaporaţia*** este un proces fizic natural care are loc sub acţiunea radiaţiilor solare şi este condiţionat în primul rând de temperatură şi gradul de saturare a atmosferei cu vapori de apă. Evaporaţia mai este influenţată de vânt şi presiunea atmosferică.

*Temperatura* – prin creşterea temperaturii, presiunea vaporilor din interiorul apei şi energia cinetică cresc şi astfel se măreşte şi evaporaţia.

*Vântul* măreşte evaporaţia prin îndepărtarea moleculelor de apă din atmosferă. Dacă vântul a străbătut regiuni calde, atunci aprovizionează cu o energie în plus fenomenul de evaporaţie.

*Presiunea atmosferică* mai redusă măreşte evaporaţia; de aceea la altitudini mai mari evaporarea va fi mai ridicată dacă ceilalţi factori rămân constanţi.

Evaporaţia dintr**-o** zonă dată, reprezintă cantitatea totală de apă evaporată de pe suprafaţa solului, vegetaţiei şi luciilor de apă şi se poate exprima prin grosimea în mm a stratului de apă evaporat în unitatea de timp.

Cunoaşterea evaporaţiei de la suprafaţa apei permite determinarea pierderilor de apă prin evaporaţie din lacurile de acumulare, canale de irigaţie etc.

Evaporaţia la suprafaţa apei se poate determina pe cale directă prin masurători cu ajutorul unor plute evaporimetrice, sau pe cale indirectă folosind diferite formule de calcul ce iau în considerare principalii factori determinanţi.

Pentru ţara noastră se recomandă urmatoarea formula de calcul a evaporaţiei la suprafaţa lacurilor:

$$E = Ad^2 , \qquad (2.39)$$

în care :

*E* - reprezintă evaporaţia în mm pe lună;

*A* - parametru (cu valori cuprinse între 24 - 36);

d - deficit de umiditate medie lunară (mm);

a - parametru cu valori de: 0,70 pentru câmpii, 0,75 pentru dealuri şi podiş, 0,80 pentru Delta Dunării, 0,85 pentru regiuni montane.

In figura 2.15 se prezintă harta evaporaţiei de la suprafaţa apei (după Ujvari şi Gîştescu).

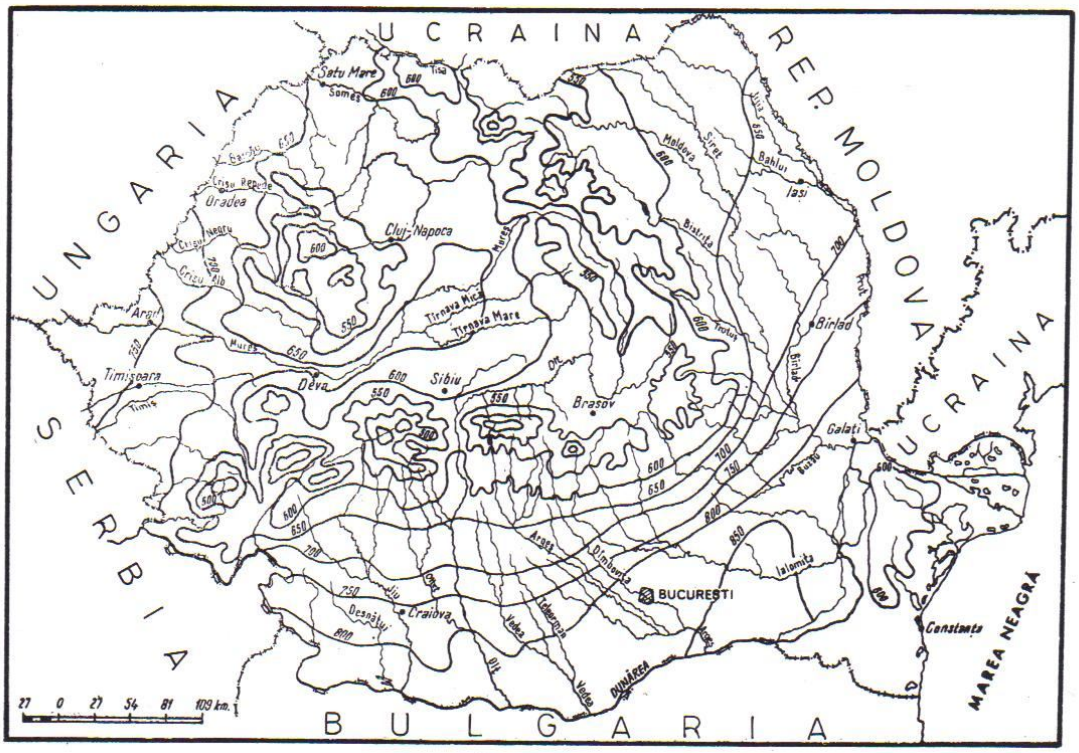



Fig.nr.2.15. Harta evaporaţiei de la suprafaţa apei

Evaporimetrele - numite şi bacuri - sunt nişte vase umplute cu apă amplasate la suprafaţa solului, care permit măsurarea cantităţii de apă evaporată prin determinarea scăderii nivelului apei şi luarea în considerare a aportului de apă din precipitaţii.

Reducerea pierderilor de apă prin evaporare la suprafaţa apei (important mai ales pentru lacuri de acumulare şi canale mari de irigaţie) se poate realiza prin plantarea perdelelor forestiere de protecţie în jurul lacurilor şi de-a lungul marilor canale, prin reducerea suprafeţei luciului apei (fară a afecta volumul de apă) sau prin protejarea suprafeţei apei cu substanţe speciale.

*Evaporaţia la suprafaţa solului.* In procesul de evaporare la suprafaţa solului, un rol important îl au radiaţia solară, precipitaţiile şi vântul. In funcţie de umiditatea solului procesul evaporaţiei cuprinde trei stadii în cazul solurilor cu o umiditate ridicată. In primul stadiu evaporaţia este puternică şi continuă fiind determinată de factorii meteorologici externi. După o anumită perioadă de timp (stadiul doi) afluxul apei din straturile mai adânci se reduce determinând şi o reducere a evaporaţiei pâna când solul se usucă. In ultimul stadiu evaporaţia va depinde de creşterea umidilăţii prin circulaţia apei din adâncime spre suprafaţă.

Pentru a se elibera de la suprafaţa solului, moleculele de apă trebuie să învingă rezistenţa datorată atracţiei particulelor de sol faţă de apă, adică forţele care reţin apa în sol. Se cunoaşte că forţa de sorbţie cu care apa este reţinută de particulele de sol este cu atât mai mare cu cât pelicula de apă este mai subţire, deci se reduce odată cu scăderea procentului de umiditate.

Pentru ca procesul de evaporaţie să continue după ce apa de la suprafaţa solului a fost evaporată, trebuie ca apa din adâncime să circule către suprafaţă. În cazul solurilor nesaturate cu apă, mişcarea apei de la solul umed către cel uscat, se face pe distanţe şi în cantităţi mici dacă solul este în contact cu nivelul liber al apei.

Evaporarea apei de la suprafaţa solului continuă atâta timp cât stratul de la suprafaţa solului, de circa 10 cm pentru solurile ninipoase, rămâne umed. Deci se poate

trage concluzia că evaporaţia creşte odată cu scurgerea intervalului dintre udări sau ploi şi că normele mici de udare sunt folosite în mai mică măsură de plantele agricole.

Pe solurile acoperite cu vegetaţie, evaporaţia este mai redusă decât pe solurile neacoperite.

Evaporaţia la suprafaţa solului se poate măsura cu evaporimetre speciale.

Apa pierdută prin evaporare la suprafaţa solului este considerată ca un consum neproductiv în cazul când se raportează la o suprafaţă de teren ocupată cu o anumită cultură.

***Transpiraţia*** reprezintă procesul prin care apa din ţesutul plantelor trece în atmosferă. Acest proces are un rol important în circuitul apei în natură, deoarece datorită ei o parte din precipitaţii intrând în circuitul plantei revin în atmosferă. Transpiraţia depinde de diferenţa dintre presiunea vaporilor din stomate şi atmosfera înconjuratoare, această diferenţă fiind o măsură a energiei necesare pentru trecerea apei din ţesutul frunzelor în atmosfera.

Transpiraţia este influenţată de stadiul de dezvoltare a plantelor, temperatura, vânt, umiditatea solului în zona stratului activ de sol. Acest consum de apă este considerat un consum productiv, deoarece el asigură creşterea şi dezvoltarea plantelor. El se exprimă prin coeficientul de transpiraţie, care reprezintă cantitatea de apă consumată pentru a sintetiza un gram substanţa uscată.

***Evapotranspiraţia***. Un interes deosebit pentru agricultură în general şi pentru irigaţii-desecări în special, îl reprezintă evaporarea la suprafaţa solului (£) şi consumul de apă prin transpiraţie (T). Intrucât consumul productiv prin transpiraţie împreună cu cel neproductiv prin evaporaţie la suprafaţa solului reprezintă consumul efectiv de apă de pe o suprafaţă dată în procesul creşterii plantelor pâna la obţinerea producţiei corespun-zatoare, s-a convenit că acest consum total să fie numit evapotranspiraţie (ET).

Evapotranspiraţia va atinge valori maxime atunci când plantele de pe o suprafaţă dată vor fi aprovizionate cu apă în condiţii optime. În aceste condiţii evapotranspiraţia capătă valori potenţiale de a asigura producţii foarte mari. Evapotranspiraţia corespunzatoare acestor condiţii în cazul unui covor vegetal încheiat şi activ a fost denumită evapotranspiraţie potenţială (ETP). Acest lucru este posibil numai în cazul unei alimentări cu apă corespunzatoare cerinţelor plantelor pentru toate fazele de vegetaţie. Consumul de apă la care o anumită cultură asigură o producţie maximă poartă numele de evapotranspiraţie reală maximă (ETRM). Unii autori nu fac nici o deosebire între ETP şi ETRM. Această situaţie ideală se întâlneşte mai greu în condiţii naturale, din care cauză se apelează la irigaţii ca masură ameliorativă capabilă să completeze în orice moment rezerva de apă din sol. In condiţii naturale mai puţin favorabile, plantele vor suferi din cauza lipsei de apă, iar consumul prin evapotranspiraţie va fi mai mic, consumul de apă respectiv reprezentând evapotranspiraţia reală (ETR). Evapotranspiraţia reală corespunzătoare unei culturi va putea fi egală cu evapotranspiraţia potenţială numai în cazul unei alimentari corespunzătoare cu apă pe toată perioada de vegetaţie. Diferenţa dintre evapotranspiraţia potenţială şi cea reală pe suprafeţele neirigate este cu atât mai mare cu cât zona este mai secetoasă, ceea ce determină în ultima instanţă o reducere a recoltei. In vederea obţinerii unor recolte mari, trebuie deci să se asigure un consum de apă corespunzător evapotranspiraţiei reale maxime.

Evapotranspiraţia se exprimă în mm coloană de apă şi variază în zonele de stepă şi silvostepă între 400—900 mm.

Factorii principali care influenţează evapotranspiraţia sunt: energia radiantă, temperatura aerului, deficitul de saturaţie, gradul de aprovizionare cu apă, însuşirile solului şi caracteristicile plantelor.

Evapotranspiraţia se poate determina prin metode directe (folosind diverse aparate) şi indirecte folosind diferite formule de calcul.

Aparatul cu utilizare largă în determinarea evapotranspiraţiei este lizimetrul. Principiul constă în aceea că un anumit volum de pamânt în structură naturală introdus într-un vas de capacitate mai mare (1 — 2 $m^3$) este cultivat şi se urmăreşte în tot timpul perioadei de vegetaţie bilanţul apei în sol, măsurându-se cu exactitate aportul de apă (precipitaţii, irigaţii şi apă din sol) şi apă evacuată (prin drenajul de la partea de jos a lizimetrului). Din acest bilanţ se deduce prin diferenţă evapotranspiraţia. In lizimetru aprovizionarea plantelor cu apă fiind controlată şi realizată la nivelul optim, consumul determinat corespunde evapotranspiraţiei reale maxime.

Există numeroase tipuri de lizimetre citate de N. Y. Rozenberg (1968) de la lizimetre cu cântărire până la lizimetre plutitoare.

Evapotranspiraţia potentială, depinzând în mare parte de factori me-teorologici, face posibilă determinarea ei şi pe cale indirectă. In acest scop se iau în considerare datele observaţiilor efectuate la staţii meteorologice situate în zona luată în studiu. Elementele climatice ce se iau în considerare sunt: temperatura aerului, umiditatea relativă sau absolută a aerului şi deficitul de saturaţie. Diverşi autori au elaborat o serie de formule empirice care dau valori foarte apropiate de valorile reale. Astfel, unii autori iau în considerare temperatura aerului (Thornthwaite, Blaney-Criddle), alţii deficitul de umiditate al aerului (Alpatiev) sau mai mulţi factori (Turc, Şaumian).

Rezultate corespunzatoare pentru ţara noastră s-au obţinut prin folosirea formulei lui Thornthwaite:

$$ETP = 1{,}6\left(\frac{10T}{I}\right)^{a} K \qquad (2.40.)$$

în care :

*ETP* este evapotranspiraţia potentţială lunară, cm;

*T* - temperatura medie lunară, °C ;

I - suma celor 12 indici lunari *(i)* care se obţin cu relaţia:

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1{,}514}$$

$$a = 0{,}000000675\,I^3 - 0{,}0000771\,I^2 + 0{,}01792\,I + 0{,}49239$$

K - coeficient de corecţie în funcţie de latitudine.

Rezultatul obţinut cu această formulă se corectează în funcţie de latitudinea locului pentru fiecare lună prin înmulţirea lui cu un coeficient de corecţie. Pentru trecerea de la *ETP* la consumul de apă al plantelor pe luni, rezultatul se înmulţeste cu anumiţi coeficienţii de corecţie stabiliţi pentru principalele culturi de câmp irigate, pe zone pedoclimatice. Donciu (1966) a întocmit pentru condiţiile din România o hartă cuprinzând zonarea evapotranspiraţiei potenţiale utilizind formula lui Thornthwaite (fig. 2.16).

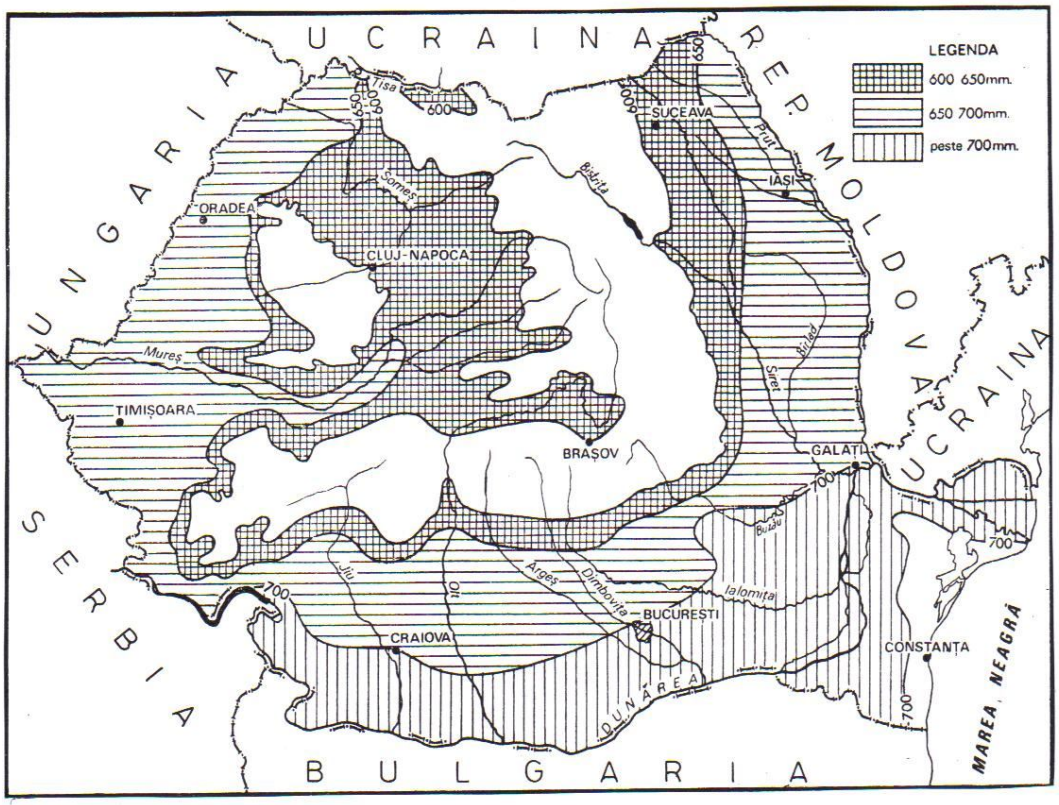



Fig.2.16. Zonarea evapotranspiraţiei potenţiale

Oricare ar fi formulele utilizate este indicat ca rezultatele să fie comparate şi cu date obţinute în câmpurile experimentale.

**4. Scurgerea.** Aşa cum rezultă din figura 2.13, o parte din precipitaţii, nefiind reţinute nici de sol şi nici de plante, se scurg la suprafaţa solului şi ajung în pâraie şi râuri, care se varsă mai departe în lacuri, mări şi oceane. In acest mod această apă reprezintă o verigă în cadrul circuitului apei în natură. Apa care se scurge la suprafaţa solului are un rol important în formarea debitelor apelor curgatoare, alimentarea lacurilor, dar în acelaşi timp are şi efecte negative prin fenomenele de eroziune ce le provoacă.

Fenomenul scurgerii la suprafaţa solului, care are loc din momentul când intensitatea precipitaţiilor depaşeşte viteza de infiltraţie a apei în sol şi pâna ce apele ajung în râuri, este influenţat de factori climatici, relief, sol, vegetaţie şi antropici. Dintre *factorii climatici,* precipitaţiile au rolul cel mai important în formarea scurgerii atât prin volumul lor cât şi prin intensitate şi durată. Ploile torenţiale determină în general scurgeri abundente, în schimb ploile de intensitate şi durată mică pot chiar să nu producă scurgeri.

Luând în considerare *panta,* la acelaşi volum al scurgerii, cu cât panta va fi mai mare şi scurgerile vor fi mai mari.

*Solul* influenţează scurgerea prin insuşirile sale fizice şi hidrofizice (permeabilitate, textură, umiditate etc.). Astfel, de exemplu, pe un sol nisipos, scurgerea superficială va fi foarte redusă, în schimb, datorită procesului accentuat de infiltraţie se va mări scurgerea subterană. Pe solu-rile argiloase acest fenomen se petrece invers, adică scurgerea superficială este mai mare, iar scurgerea subterană mai redusă.

*Vegetaţia* are de asemenea un rol important mai ales prin natura plantelor, densitatea plantelor şi gradul de acoperire. In general, cu cât gradul de acoperire este mai mare scurgerea este mai mică. Din acest punct de vedere rolul pădurilor este

evident, cu atât mai mult cu cât apare şi efectul litierei în reducerea volumului scurgerii. Pentru aceeaşi cultură trebuie avut în vedere şi perioadă de vegetaţie, deoarece în primele faze efectul asupra reducerii scurgerii este mai mic.

*Omul* influenţează direct asupra scurgerii prin modul de folosinţă ce-1 rezervă terenurilor, prin modul de exploatare a terenurilor, prin amplasarea construcţiilor etc. Influenţa poate fi pozitivă când prin modul de realizare a lucrărilor se obţine o reducere a scurgerii, sau negativă când se obţine o mărire a volumului scurgerii. De exemplu, folosirea culturilor de praşitoare pe pante mai mari poate favoriza scurgeri mai abundente, iar execuţia unor lucrări ameliorative antierozionale reduce simţitor scurgerea.

Scurgerea pe versanţi poate fi caracterizată prin următorii *parametri:* coeficientul de scurgere ($K_s$), scurgerea medie specifică, timpul de con-centrare, viteza de scurgere.

*Coeficientul de scurgere* reprezintă raportul dintre volumul scurgerii *($V_s$)* de pe o suprafaţă dată şi pentru o perioadă de timp considerată (lună, sezon, an etc.) şi volumul precipitaţiilor *($V_p$)* din aceeaşi perioadă şi de pe aceeaşi suprafaţă:

$$K_s = \frac{V_s}{V_p} \qquad (2.41.)$$

Valoarea coeficientului $K_s$ este deci subunitară şi depinde de durata şi intensitatea ploilor, panta versanţilor, natura solului, mod de folosinţă etc. In tabelul nr.2.2. se dau valorile medii ale coeficientului de scurgere după Richards şi Frevert, în funcţie de modul de folosinţă, natura solurilor şi pantă.

Tabelul nr. 2.2

Valoarea coeficientului de scurgere

(după Richards K. şi Frevert, 1955)

| Folosinţa terenului | Panta % | Textura solului | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Luto-nisipoasă Nisipo-lutoasă | Lutoasă şi luto-argiloasă | argiloasă |
| Pădure | 0 – 5 | 0,10 | 0,30 | 0,40 |
| | 5 - 10 | 0,25 | 0,35 | 0,50 |
| | 10 - 30 | 0,30 | 0,50 | 0,60 |
| Păşune | 0 – 5 | 0,10 | 0,30 | 0,40 |
| | 5 - 10 | 0,16 | 0,36 | 0,55 |
| | 10 - 30 | 0,22 | 0,42 | 0,60 |
| Teren cultivat | 0 – 5 | 0,30 | 0,50 | 0,60 |
| | 5 - 10 | 0,40 | 0,60 | 0,70 |
| | 10 - 30 | 0,52 | 0,72 | 0,80 |

Pentru a stabili gradul de protecţie al solului ocupat cu diferite culturi profesorul universitar Mircea Moţoc a determinat coeficientul de scurgere, gradul de turbureală a apei şi stratul de apă scurs după o ploaie de 39 mm, urmată de altă ploaie de 37 mm la o pantă medie de 7% (tabelul nr.2.3.). Din acest tabel rezultă foarte clar influenţa modului de folosinţă al terenului asupra valorii coeficientului de scurgere şi a eroziunii.

Tabelul nr.2.3.

Coeficientul de scurgere şi gradul de tulbureală (după M. M o ţ o c)

| Planta cultivată sau procedeul folosit | Stratul de apă scurs, mm | Coeficientul de scurgere | Valoarea relativă a coeficientului de scurgere | Gradul de tulbureală, g/1 |
|---|---|---|---|---|
| Porumb | 30,20 | 0,47 | 100 | 100 |
| Cartof | 26,8 | 0,41 | 87 | 35 |
| Grâu de toamna | 10,4 | 0,16 | 34 | 10 |
| lerburi anul II | 9,3 | 0,14 | 30 | 5 |
| Ogor negru | 18,8 | 0,29 | 61 | 141 |
| Porumb pe curba de nivel | 19,0 | 0,29 | 61 | 41 |
| Cartof mulcit | 19,0 | 0,29 | 61 | 24 |

Coeficienţii de scurgere se pot determina prin relaţia de calcul indicată, în cazul în care pentru suprafaţa studiată există valorile $V_s$ şi $V_p$, iar dacă nu se dispune de aceste date, coeficienţii de scurgere se pot extrage din lucrări de specialitate. În măsura posibilitaţilor este indicat a se folosi câmpuri experimentale speciale pentru determniarea coeficientului de scurgere (platforme delimitate, cultivate cu diferite culturi si prevăzute cu instalaţii speciale de captare a apei scurse).

*Scurgerea medie specifică* (sau modulul scurgerii) reprezintă volumul de apă scurs de pe suprafată de 1 $km^2$ în unitatea de timp ($1/skm^2$). În tabelul nr.2.4 este indicată scurgerea medie specifică în ţara noastră în funcţie de relief.

Tabelul nr.2.4.

Scurgerea medie specifică în România după zonele de relief

| Zona de relief | Altitudinea | Scurgerea specifică l/s $km^2$ |
|---|---|---|
| Munţi înalţi | 1800-2500 | 15 - 50 |
| Munţi | 800-1200 | 10-15 |
| Dealuri | 500-800 | 3-12 |
| Coline | 300-500 | 2-5 |
| Şes | 0-300 | 0,5-2 |

*Timpul de concentrare* reprezintă timpul necesar apei de scurgere pentru a ajunge de la locul de formare pâna la locul considerat pe talveg, iar în cazul lucrărilor de pe versanţi, timpul necesar scurgerii pentru a ajunge de la o lucrare la alta. Timpul de concentrare ($t_c$) depinde de lungimea versantului sau a bazinului, de viteza apei şi se determina cu relaţia :

$$t_c = \frac{L}{3{,}6V} \quad (ore) \qquad sau \quad t_c = \frac{L}{60V} \quad (\min ute) \qquad (2.42.)$$

în care :

L - lungimea cursului de apă, km;

$V$ - viteza apei, m/s ;

$I$ - distanţa în metri de la locul de formare a scurgerii pâna la punctul considerat.

Timpul de concentrare se foloseste la stabilirea duratei ploii de calcul în dimensionarea lucrărilor de combaterea eroziunii solului.

*Viteza de scurgere a* apei pe versanţi *(V)* se poate determina folosind formula lui Kosteakov :

$$V = \sqrt{m^2 c K I L} \qquad (2.43.)$$

în care :

m - coeficient cu valoare 1 pentru scurgerea laminară şi 2 pentru scurgerea turbulentă ;

$c = \sigma\sqrt{i}$

σ - coeficient ce caracterizează rugozitatea terenului şi variază între 7 - 30

i - panta terenului ;

$K_s$ - coeficient de scurgere;

I - intensitatea precipitaţiilor, m/s;

L - lungimea versantului, m.

## 2.3. NOŢIUNI DE HIDROGRAFIE

Hidrografia are drept obiect descrierea şi caracterizarea bazinelor hidrografice şi a cursurilor de apă, furnizând datele necesare cunoaştererii fenomenelor hidrologice şi determinării parametrilor scurgerii la suprafaţă.

### 2.3.1. Bazinul hidrografic

Fiecare râu sau lac îşi colectează apele de pe o anumită suprafaţă care poartă numele de bazin de recepţie sau bazin hidrografic (fig.2.17.). Aceste ape se scurg la suprafaţa pământului şi provin din precipitaţii şi/sau izvoarele apelor subterane fiind evacuate în văi, pâraie, râuri, fluvii şi lacuri permanente sau temporare.

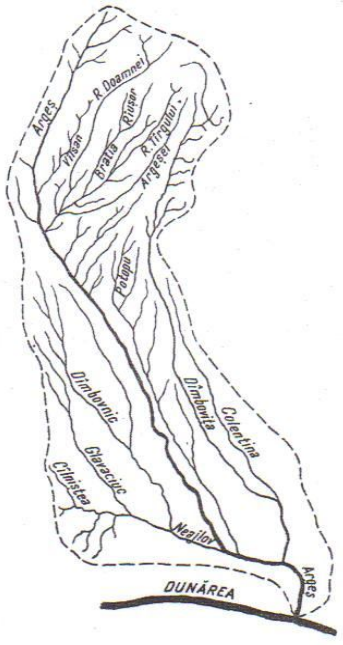



Fig.2.17. Bazinul hidrografic

Zona cuprinsă între două cursuri de apă poartă denumirea de interfluviu. Cursurile de apă se alimentează atât din scurgerea de suprafaţă cât şi din cea subterană. Uneori cele două bazine au suprafeţe şi cumpene diferite, o cumpănă superficială (de suprafaţă) a apelor sau subterană, (fig.2.18.).

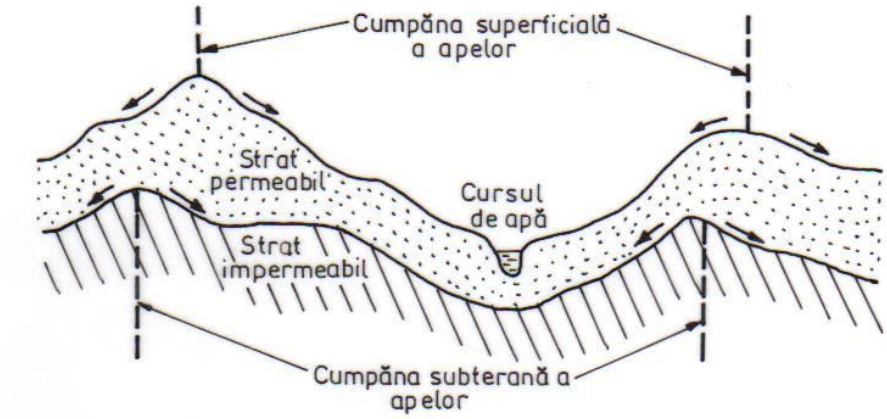



Fig.2.18. Cumpăna superficială şi subterană a apelor

Cumpăna superficială se poate schimba în timp prin acţiunea eroziunii solului sau prin acţiunea omului, în special în zonele joase.

Delimitarea bazinelor hidrografice se face pe planuri sau hărţi prevăzute cu curbe de nivel. În amenajarea cursurilor de apă, identificarea bazinelor de recepţie respective este absolut necesară, întrucât pe de o parte valoarea ce o exprimă intră în numeroase formule de calcul, iar pe de altă parte ne oferă o imagine a elementelor ce-l caracterizează (mărime, relief, grad de frământare etc.).

Un bazin hidrografic se caracterizează prin:

- *suprafaţa bazinului hidrografic (S)* – se exprimă în $Km^2$ sau *ha* şi se determină prin planimetrare; Mărimea suprafeţei bazinului şi forma au un rol important în producerea şi evoluţia fenomenelor hidrologice, astfel, în cazul bazinelor mici, dinamica scurgerilor urmăreşte îndeaproape evoluţia precipitaţiilor, în timp ce în cazul bazinelor mari, în care precipitaţiile nu acoperă întreaga suprafaţă, apare un decalaj între scurgeri şi precipitaţii – bazinul hidrografic are în acest caz un rol de regularizator al scurgerii. În cazul bazinelor mari de formă alungită, situate în mai multe zone climatice aceste caracteristici se accentuează.
- *lungimea bazinului (L)* adică distanţa de la vărsare pînă la punctul cel mai îndepărtat din zona izvorului (cumpăna apelor);
- *lăţimea medie a bazinului (B)*, care reprezintă raportul între suprafaţa bazinului (S) şi lungimea bazinului (L); această caracteristică permite să se facp aprecieri asupra volumului şi amplitudinii viituri. Bazinele alungite au lăţime mai mică şi de aceea amplitudinea viituri va fi mai redusă;
- *altitudinea medie a bazinului ($H_m$)*, cu ajutorul căreia se stabileşte unitatea de relief a bazinului hidrografic; se determină cu relaţia:

$$H_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} S_i h_i}{S} \quad \text{(m)}$$

în care: $S_i$ – suprafaţa între două curbe de nivel învecinate

$h_i$ – semisuma cotelor celor două curbe de nivel învecinate

S – suprafaţa bazinului hidrografic

În funcţie de valorile altitudii medii se consideră că sunt bazine de deal cele ce depăşesc 600 m şi bazine de câmpie, cele a căror altitudine nu depăşesc 200 m.

- *panta medie a bazinului ($I_m$)* – ne dă indicaţii cu privire la viteza de scurgere a apei şi deci a forţei de eroziune şi de transport. Se determină cu relaţia:

$$I_m = \frac{\sum l_i \Delta h}{S} \quad (\%)$$

în care: $l_i$ – lungimea totală a curbelor de nivel din bazinul hidrografic
$\Delta h$ – echidistanţa curbelor de nivel
S – suprafaţa bazinului hidrografic

### 2.3.2. Reţeaua hidrografică

În interiorul unui bazin hidrografic se găseşte o reţea de cursuri de apă şi văi de diferite mărimi, mai mult sau mai puţin dezvoltate. Totalitatea firelor de apă permanente sau temporare, naturale sau artificiale, formează aşa numita reţea hidrografică. O reţea hidrografică prezintă numeroase ramificaţii de mărimi şi forme diferite. Din punct de vedere al formării lor, reţelele hidrografice pot fi:

- reţele hidrografice naturale - care au apărut în urma eroziunii geologice şi eroziunii accelerate regresive;
- reţele hidrografice artificiale (antropice) – care este realizată de om prin proiectarea şi executarea de lucrări hidrotehnice şi hidroameliorative (canale, lacuri de acumulare, amenajări piscicole, etc.).

Reţeaua hidrografică permanentă cuprinde elementele reţelei cu debit permanent (pârâuri, râuri, fluvii, lacuri) în timp ce reţeaua hidrografică temporară (nepermanentă) este alcătuită din torenţi, ravene, ogaşe, vâlcele, viroage şi văi prin a căror secţiune se scurg apele după ploi sau rezultate din topirea zăpezilor.

În cadrul reţelei hidrografice fiecare componentă a reţelei prezintă un bazin propriu.

Reţeaua hidrografică se caracterizează prin:

- *lungimea reţelei* (L) – rezultă prin însumarea lungimii tuturor firelor de apă, măsurate pe planul de situaţie cu ajutorul curbimetrului sau direct în teren prin ridicări topografice;
- *Densitatea reţelei hidrografice (D)* - arată gradul de fragamentare al terenului şi depinde de natura rocilor, relief, precipitaţii, modul de folosire al terenului, lucrări hidroameliorative. Se exprimă prin raportul între lungimea în km a tuturor cursurilor de apă de pe suprafaţa bazinului hidrografic respectiv ($\Sigma$L) şi suprafaţa bazinului (S):

$$D = \frac{\Sigma L}{S} \qquad (\text{km/km}^2)$$

Densitatea reţelei hidrografice pe teritoriului României este în medie de 0,49 km/km$^2$, iar lungimea reţelei fluviatile de 120000 km. Luând în considerare formele de relief, densitatea reţelei este minimă la şes – Dobrogea şi Bărăgan (0-0,5 km/km$^2$) şi maximă la munte – munţii Făgăraşului şi Apuseni (0,5-1,2 km/km$^2$).

Cursurile de apă care s-au format pe văi se prezintă sub formă de albii relativ înguste şi adânci, numite albii minore, prin care se scurg debitele mici şi mijlocii. Albia minoră în zona de câmpie prezintă în plan un aspect sinuos, iar sinozităţile poartă numele de meandre (fig.2.19., a).

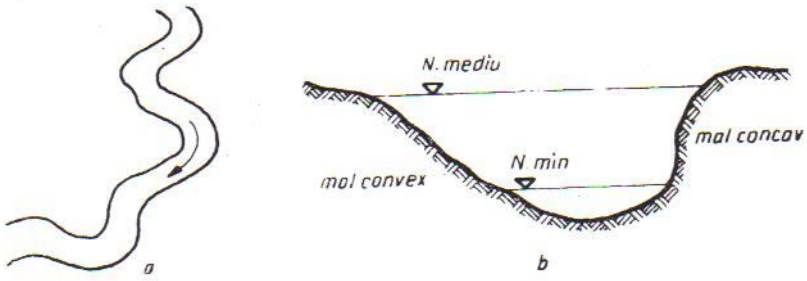



Fig.2.19. Albia minoră a cursului de apă
în profil longitudinal (a) şi transversal (b)

Linia imaginară continuă care uneşte punctele cele mai joase ale albiei minore reprezintă talvegul. Cursul de apă în profil longitudinal prezintă trei sectoare convenţionale: cursul superior, mijlociu şi inferior. Cursul superior (de la izvoare) se caracterizează prin pante şi viteze mari, cursul mijlociu în aval de cursul superior prin pante şi viteze mijlocii şi cursul inferior, până la revărsare cu pante şi viteze mici.

În profilul transversal un curs de apă prezintă următorele elemente:

- ***valea râului*** – este elementul cel mai important al unei reţele hidrografice şi reprezintă forma negativă de relief prin care apele râurilor se scurge de la izvoare până la vărsare având forma unei depresiuni înguste şi alungite. Valea s-a format în urma concentrării apelor provenite din precipitaţii sub influenţa gravitaţiei, a mişcării neotectonice, a gheţarilor şi a vântului. În etapa de formare, valea unui curs de apă trece prin mai multe etape: în prima etapă are loc fenomenul de şiroire, cu caracter liniar, apoi apare scurgerea torenţială (temporară) care dă naştere la rigole, ogaşe, ravene şi torenţi. În ultima fază apare scurgerea permanentă sub formă de pâraie, râuri şi fluvii. Elementele principale ale unei văi sunt: albia minoră, albia majoră şi versanţii.
- ***albia minoră*** (matca) este partea din albie acoperită cu ape mici şi medii. Ea este alcătuită din *firul văii (talveg), fundul albiei (patul albiei)* şi *malurile albiei*, care pot fi convexe, concave sau în trepte (fig.2.19., b). Talvegul reprezintă linia care uneşte punctele cu cota cea mai mică.
- ***albia majoră*** (lunca văii); la ape mari, când nivelul depăşeşte albia minoră, se produc inundaţii, iar partea din vale care se inundă reprezintă albia majoră şi corespunde în general cu lunca inundabilă (fig.2.20.).

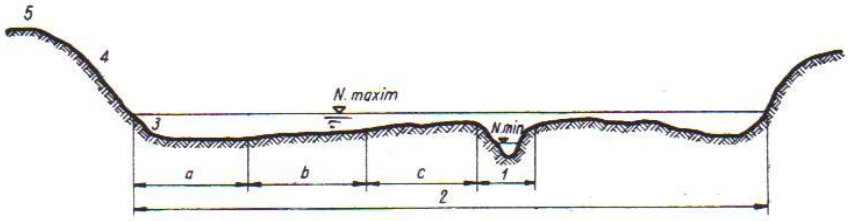



Fig.2.20. Secţiune transversală printr-o vale
1 – albia minoră; 2 – albia majoră ; 3 – baza sau piciorul versantului; 4 – versant;
5 – cumpăna apelor; a – zona preterasică; b – zona centrală; c – zona de grind

Albia majoră a râurilor mari este delimitată de o parte şi de alta de următoarele trei zone specifice:

- zona de grind din apropierea albilei minore formată din soluri uşoare, nisipoase (aluviuni depuse la viituri). Această zonă prezintă cote ale terenului mai ridicate decât albia minoră de la câţiva centimetri la 1-2 m, apa freatică are adâncimi de 3-5 m iar zona este mai rar inundabilă;

- zona centrală plană, mai lată şi mai joasă în raport cu fâşia de grind, cu soluri mai argiloase, apa freatică la adâncime mai mică (1-3 m), inundabilă şi străbătută de vechi albii;
- zona preterasică care separă albia majoră de versanţi este cea mai joasă, cu cotele cele mai mici, cu soluri grele, uneori salinizate. Această zonă este alimentată de apele care se scurg de pe versanţi din precipitaţii dar şi din apa freatică care este aproape de suprafaţă terenului fiind influenţată direct şi de nivelurile apei din râu. Prezintă numeroase bălţi şi privaluri fiind deseori înmlăştinită;

- **versanţii** reprezintă suprafaţa înclinată cuprinsă între cumpăna apelor şi albia majoră/minoră; mai sunt denumiţi de, pante sau coaste. La un versant se deosebesc: **muchia** (cumpăna) versantului sau limita superioară a versantului, **baza versantului** (piciorul sau poalele versantului) şi **linia de cea mai mare pantă** sau linia de scurgere a apei; după linia de cea mai mare pantă, versanţii pot fi abrupţi, terasaţi, concavi, convexi sau drepţi. La o albie majoră se deosebeşte o pantă longitudinală, care descreşte de la izvor spre confluenţă şi o pantă transversală care prezintă caracteristicile descrise anterior. Albiile majore mai înguste (câteva sute de metri) sunt relativ drepte în profil transversal, iar cele late şi foarte late prezintă o pantă ce descreşte de la albia minoră spre baza versantului.

Văile evoluate sunt de obicei largi, au un aspect sinuos în plan, iar panta văii tinde către o pantă de echilibru – de cele mai multe ori prezintă terase. Terasele s-au format prin adâncire şi deplasări laterale ale cursului de apă.

Luncile sunt în general foarte fertile însă pentru a fi utilizate raţional se impun măsuri hidroameliorative complexe şi diferenţiate în funţie de cele trei zone.

## 2.4. NOŢIUNI DE HIDROMETRIE

Hidrometria reprezintă un capitol al hidrologiei care se ocupă cu măsurarea şi înregistrarea datelor hidrologice.

### 2.4.1. Elemente de hidrologia râurilor

Aplicarea măsurilor hidroameliorative (îndiguiri şi regularizări, irigaţii, desecări-drenaje) impune stabilirea unor anumite observaţii (niveluri, debite) pentru diverse intervale de timp în amplasamente bine definite. Observaţiile asupra nivelurilor se fac în puncte special amenajate numite *posturi hidrometrice* dotate cu aparatură şi instalaţii speciale. Aceste observaţii sunt folosite în proiectarea şi exploatarea digurilor, barajelor, a prizelor de apă, etc.

**Regimul nivelurilor râurilor,** este unul dintre cele mai importante elemente ale regimului râurilor şi reprezintă înălţimea suprafeţei luciului apei deasupra unui plan de referinţă, convenţional considerat cota ”O”.

Nivelurile râurilor variază în limite foarte largi, deosebindu-se limite de variaţii, de la variaţii zilnice până la variaţii multianuale. Factorul fundamental care determină variaţia nivelurilor este debitul, iar ca factori secundari se menţionează remuul, eroziunea, colmatarea etc.

Într-o secţiune cu albia stabilă a unui râu, la care sunt efectuate înregistrări de niveluri pe o perioadă îndelungată de timp, se pot defini următoarele niveluri:

- nivelul maxim înregistrat într-o perioadă de mai mulţi ani, $H_{max}$;
- nivelul maxim mediu, care reprezintă media nivelurilor maxime anuale, $H_{max.med}$;
- nivelul mediu anual reprezintă media tuturor nivelurilor dintr-un an, $H_o$;
- nivelul mediu normal, adică media mediilor anuale, $H_{med}$;
- nivelul minim mediu, care se obţine ca medie a nivelurilor minime anuale (numit şi nivel de etiaj), $H_{min,med}$;
- nivelul minim, care reprezintă nivelul cel mai scăzut dintr-o perioadă de timp, $H_{min}$.

La posturile hidrometrice se măsoară nivelurile zilnice care prelucrate se publică în anuale hidrologice.

Reprezentarea grafică a variaţiei nivelurilor pe o perioadă de timp dată se numeşte *hidrograful nivelurilor*. În proiectarea lucrărilor de îmbunătăţiri funciare se reprezintă de asemenea frecvenţa şi durata nivelurilor. Nivelurile apei pot fi apreciate şi prin noţiunea de hidrograd ($H_g$), o unitate de măsură locală pentru înălţimea apelor egală cu a zecea parte din diferenţa dintre nivelul maxim ($H_{max}$) şi nivelul minim ($H_{min}$):

$$H_g \frac{H\max - H\min}{10}$$

În funcţie de numărul de hidrograde se poate aprecia posibilitatea apariţiei viiturilor. Astfel, între 1 – 2 hidrograde se consideră nivelul staţionar, între 4 – 7 hidrograde – apele sunt în continuă creştere fiind de aşteptat viituri, iar la valori ale hidrogradului de peste 9 nivelurile sunt extraordinare.

Viiturile sunt creşteri bruşte ale nivelurilor datorate unor ploi torenţiale sau a altor cauze.

Măsurarea nivelului se face cu ajutorul mirelor hidrometrice, limnigrafelor sau telelimnigrafelor.

**Regimul debitelor râurilor.** Debitele cursurilor de apă prezintă variaţii foarte mari în timp şi spaţiu, determinate de regimul de alimentare şi condiţiile naturale. De aceea, se impun stabilirea unor limite care să precizeze debitele caracteristice necesare în proiectarea şi executarea lucrărilor hidroameliorative etc.

Debitele caracteristice utilizate în diversele calcule hidrologice sunt:

- debitul maxim istoric ($Q_{max\ ist}$) reprezintă cel mai mare debit înregistrat;
- debitul maxim mediu ($Q_{max\ med}$) reprezintă media debitelor maxime anuale;
- debitul maxim anual ($Q_{max\ an}$) reprezintă debitul cel mai mare înregistrat în cursul unui an;
- debitul mediu anual ($Q_{m\ an}$ );
- debitul modul (Qo) reprezintă media aritmetică a debitelor medii anuale pe o perioadă mai mare de ani consecutivi;
- debitul mediu pe o perioadă limitată de timp ($Q_{m\ vară}$, pentru o anumită lună, $Q_{mai}$ , pe perioada de vegetaţie - $Q_m$ etc.);
- debitul minim ($Q_{min}$) este cel mai mic debit înregistrat într-un an;
- debitul minim minimorum ($Q_{min\ min}$) este cel mai mic debit înregistrat pe o perioadă mare de timp.

Variaţiile mari ale debitelor au impus ca în anumite calcule să fie necesar a se stabili gradul de asigurare a unor debite caracteristice. Metoda de calcul a debitelor pentru o anumită asigurare este aceeaşi ca şi pentru precipitaţii sau altă variabilă. Ca şi nivelurile, variaţia debitelor poate fi de asemenea reprezentată grafic prin hidrograful debitelor. Când variaţia debitelor se referă la perioada de viitură, atunci hidrograful se numeşte hidrograful viiturei.

Debitele caracteristice se pot determina pe două căi şi anume:

- pe cale directă, când există date obţinute direct din observaţii şi măsurători hidrometrice;
- pe cale indirectă, când nu se dispune de astfel de date, folosind diferite relaţii empirice de calcul.

Debitul maxim ($Q_{max}$), atunci când durata precipitaţiilor depăşeşte timpul de concentrare, se poate determina cu formula generală:

$$Q\max = \frac{K_S HS}{T}$$

în care:

$K_S$ – coeficient de scurgere;

H – precipitaţiile ce determină debitul maxim, în m;

S – suprafaţa bazinului de recepţie, în $m^2$;

T – durata precipitaţiilor, în secunde.

Pentru determinarea debitelor maxime există numeroase formule de calcul, însă în România se foloseşte formula adoptată de Mustaţă (1973) pentru debite cu asigurarea de 1% şi cu precizarea coeficienţilor stabiliţi pe bază de studiu pentru bazine de recepţie mici, sub 100 km$^2$:

$$Q_{1\%} = 0{,}28H_{60}K_S S_\varphi$$

unde:

$H_{60}$ – precipitaţii maxime orare (fig.nr.2.21.)

$K_S$ – coeficientul de scurgere (fig.nr.2.22.);

S - suprafaţa bazinului de recepţie, în km$^2$;

φ - coeficientul de reducţie < 1,0 (tabelul nr.2.5.)

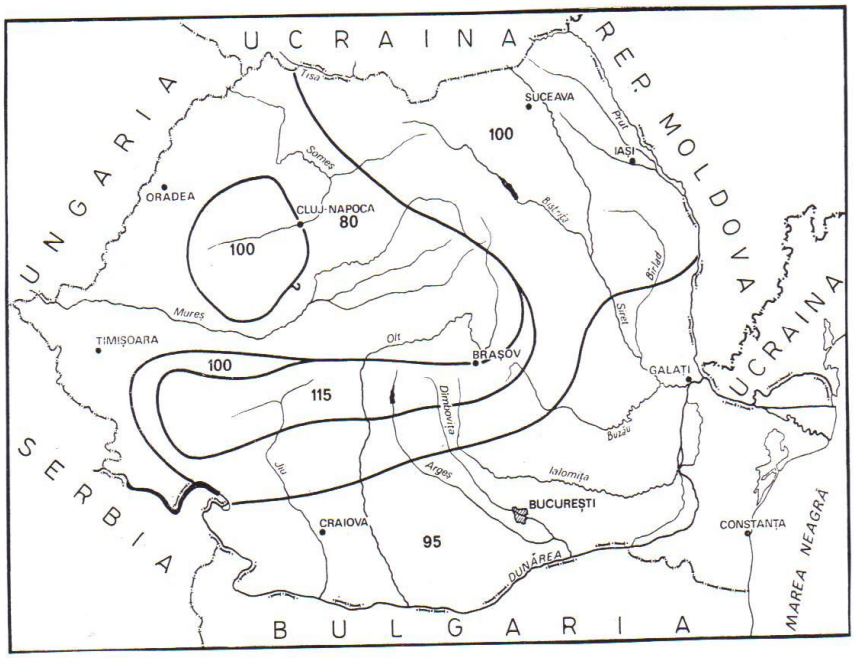



Fig.2.21. Zonarea precipitaţiilor maxime orare cu asigurarea de 1 %

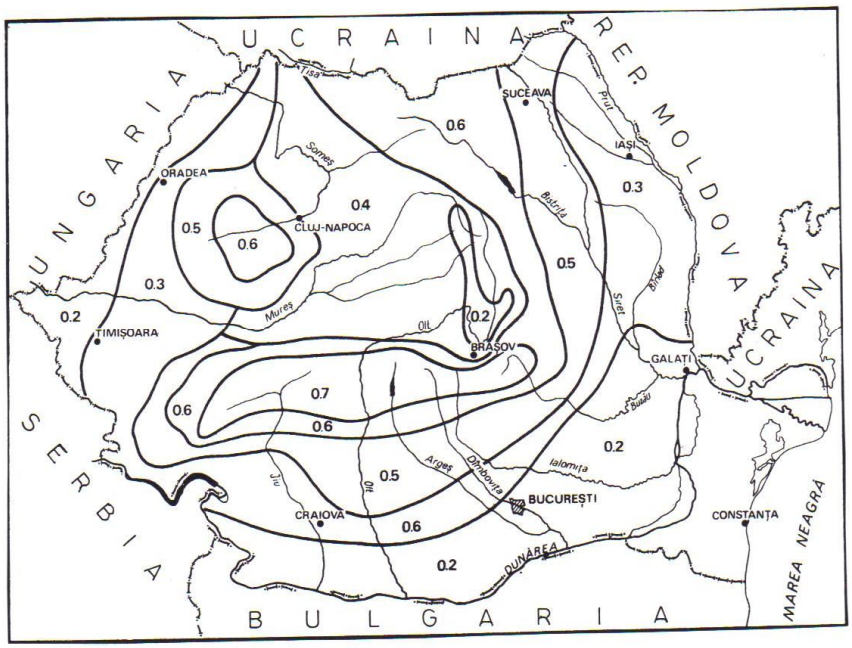



Fig.2.22. Harta zonelor coeficientului de surgere $K_s$ al viiturilor din ploi

Tabelul nr.2.5.

**Valorile medii ale coeficientului de reducţie φ în funcţie de suprafaţa şi altitudinea medie a bazinului**

| Trepte de altitudine H (m) / Trepte de suprafeţe F ($km^2$) | < 200 | 200 - 400 | 400 - 600 | 600 - 800 | 800 - 1000 | 1000 - 1200 | > 1200 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-5,00 | - | 0,78 | 0,76 | 0,75 | 0,74 | 0,73 | 0,73 |
| 5,10-10,0 | - | 0,70 | 0,55 | 0,53 | 0,48 | 0,45 | 0,45 |
| 10,1-20,0 | 0,60 | 0,58 | 0,40 | 0,38 | 0,36 | 0,35 | 0,30 |
| 20,1-30,0 | 0,50 | 0,35 | 0,33 | 0,30 | 0,25 | 0,23 | 0,22 |
| 30,1-40,0 | 0,35 | 0,30 | 0,28 | 0,25 | 0,21 | 0,20 | 0,19 |
| 40,1-50,0 | 0,30 | 0,26 | 0,24 | 0,22 | 0,20 | 0,19 | 0,18 |
| 50,1-60,0 | 0,26 | 0,24 | 0,22 | 0,20 | 0,19 | 0,18 | 0,17 |
| 60,1-70,0 | 0,22 | 0,21 | 0,19 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,15 |
| 70,1-80,0 | 0,20 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,13 |
| 80,1-90,0 | 0,19 | 0,17 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,13 | 0,12 |
| > 90,0 | 0,18 | 0,16 | 0,15 | 0,14 | 0,12 | 0,12 | 0,11 |

### 2.4.2. Staţii hidrometrice

Măsurătorile se execută la posturi fixe instalate pe râuri (staţii hidrometrice) şi urmăresc stabilirea următoarelor elemente: nivelurile, care-s cele mai importante observaţii şi care se înregistrează zilnic, panta suprafeţei apei, temperatura, prelevare de probe de apă, debite etc.

Pe râuri mai mari se amplasează mai multe posturi care formează împreună reţeaua hidrometrică. La alegerea punctelor de amplasare a staţiei hidrometrice trebuie să se ţină seama de următoarele: râul să curgă pe un singur braţ la niveluri minime şi medii; să fie drept şi stabil; staţia să fie departe de obstacole; uşor accesibilă, lipsită de arbori şi mărăcini. Astfel de staţii se instalează şi pe canale deschise în sisteme de irigaţii şi desecări-drenaj.

În punctul de staţie se instalează o miră hidrometrică (fig.2.23.). la variaţii mari de nivel se amplasează mai multe mire hidrometrice în scară (fig.2.24.) Pentru date mai exacte se folosesc aparate speciale care înregistrează nivelurile şnumite limnigrafe (fig.2.25), ele fiind amplasate într-o cabină specială (fig.2.26) care comunică cu apa print-un puţ sau tub.

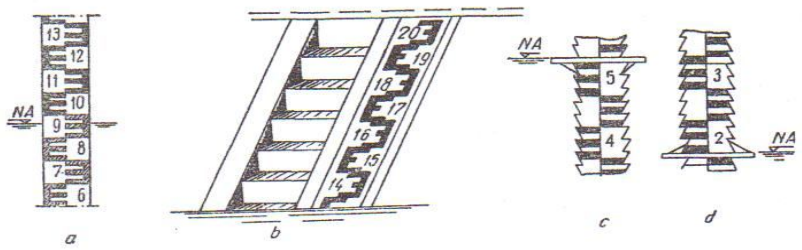



Fig.2.23. – Mire hidrometrice

a – verticală; b – înclinată; c – cu zimţi pentru nivele maxime; d – cu zimţi pentru nivele minime

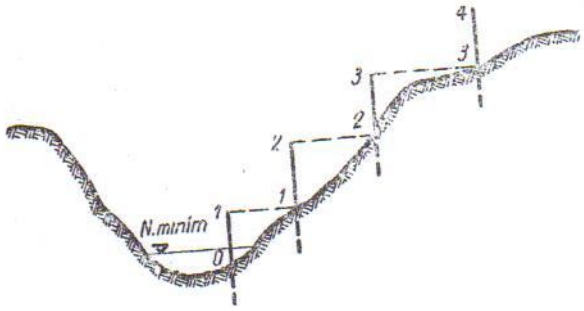



Fig.2.24. Amplasarea mirelor hidrometrice în scară

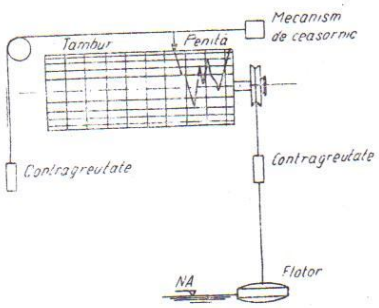



Fig.2.25. Schema simplificată a limnigrafului de tip Valdai

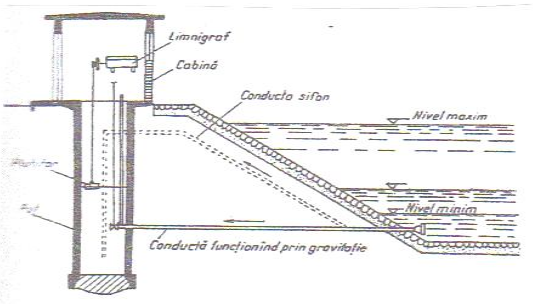



Fig.2.26. Cabină pentru instalarea limnigrafului

Suprafaţa secţiunii transversale a staţiei hidrometrice corespunzătoare unui anumit nivel citit la miră şi raportată pe plan se poate determina prin planimetrare sau analitic, împărţind suprafaţa respectivă, într-o serie de suprafeţe a căror valori se însumează (fig.2.27).

**Repartiţia vitezelor în secţiune.** În diversele calcule necesare în hidrologie se foloseşte de obicei pentru viteza apei, viteza medie. Măsurând însă viteza pe o secţiune verticală la diferite adâncimi se constată că ea variază astfel (fig.2.28): viteza la suprafaţă ($V_s$) deşi este mai mare ca viteza medie ($V_m$) este totuşi mai mică decât viteza maximă ($V_{max}$). Viteza de fund ($V_f$) foarte mică în apropierea pereţilor albiei, trebuie să devină zero în pătura aderentă la pereţi.

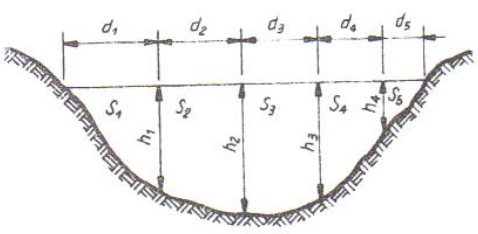



Fig.2.27. Determinarea secţiunii transversale a unui râu

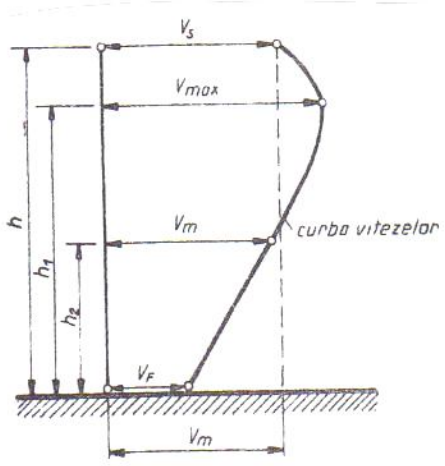



Fig.2.28. Repartiţia vitezelor

Determinând numai viteza de suprafaţă, se pot deduce celelalte viteze prin calcul:

$V_m = 0{,}825\ V_s$

$V_{max} = 1{,}29\ V_s = 1{,}513\ V_m$

Obişnuit se măsoară prin diferite metode şi vitezele la diverse adâncimi pe întreaga secţiune transversală, viteza medie reprezentând media aritmetică a tuturor măsurătorilor.

Viteza de curgere a apei pe râuri şi canale se determină pe cale directă cu ajutorul unor instrumente de diferite tipuri, cum ar fi: flotoarele, morişca hidraulică, tubul Pitôt etc.

**Corelaţia între niveluri şi debite.** La staţia hidrometrică se determină debite $Q_1$, $Q_2$ ....$Q_n$ corespunzătoare nivelurilor $H_1$, $H_2$...$H_n$ valori care se trec într-un grafic. Se obţin o serie de puncte (fig.2.29), având o oarecare împrăştiere. Se reprezintă grafic $Q = f(H)$ şi se obţine o curbă care de obicei are convexitatea orientată spre ordonată (axa nivelurilor). Această curbă poartă denumirea de cheie hidrometrică sau limnimetrică, iar pentru trasarea ei este nevoie de două scări: una verticală pe care se vor trece nivelurile şi una orizontală pe care se vor trece debitele.

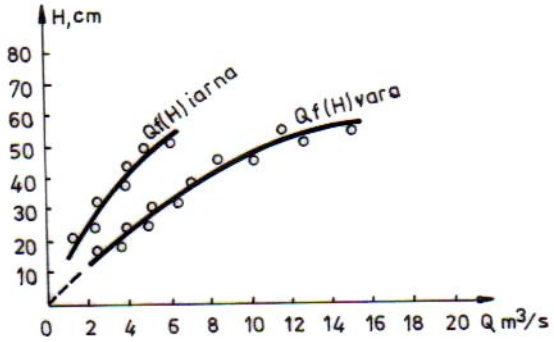



Fig.2.29. Cheia limnimetrică

Pentru orice staţie hidrometrică pentru care s-a întocmit o cheie hidrometrică se poate stabili debitul corespunzător unui nivel citit într-un anumit moment fără a se mai face alte măsurători. Cheia limnimetrică este valabilă atâta timp cât profilul transversal nu se modifică. La unele râuri însă pot apărea în timp modificări datorită eroziunii, din care cauză se impune din timp în timp refacerea cheii limnimetrice; şi la canalele de irigaţii consolidate prin betonare, poate fi utilizată o cheie hidrometrică timp îndelungat.

Metoda de determinare a debitului cu ajutorul cheii limnimetrice este foarte simplă, rapidă şi nu necesită construcţii costisitoare.

## 2.5. NOŢIUNI DE HIDROGEOLOGIE

### 2.5.1. Definiţie. Generalităţi

Hidrogeologia este ştiinţa care studiază geneza, dinamica şi proprietăţile fizice, chimice şi biologice ale apelor subterane, corelaţia dintre legile de mişcare specifice apei subterane cu apele de suprafaţă. Datele furnizate au o deosebită importanţă atât pentru stabilirea celor mai bune soluţii de proiectare, execuţie, exploatare şi întreţinere a lucrărilor de îmbunătăţiri funciare, cât şi pentru prognozarea efectelor acestor lucrări, în timp, asupra apelor subterane.

În trecut, lipsa cunoştinţelor de hidrogeologie a condus la dispariţia unor civilizaţii înfloritoare. Aplicarea irigaţiilor neraţionale au determinat degradarea solului pe suprafeţe întinse de teren prin procese de salinizare şi/sau înmlăştinire conducând în acest fel la lipsa hranei.

În ţara noastră, creşterea nivelului apelor freatice din sistemele de irigaţie (exemplu, în amenajarea Stoeneşti-Vişina), caracterul temporar sau permanent al excesului de umiditate în incintele îndiguite din Lunca Dunării dar şi a luncilor râurilor interioare, fenomenele de sărăturare secundară în amenajările de orezărie (exemplu–amenajările orizicole din judeţul

Ialomiţa, zona nord Bucureşti) etc., sunt numai câteva exemple care atrag atenţia asupra modului în care trebuie concepute, executate şi exploatate lucrările de îmbunătăţiri funciare.

În prezent, extinderea amenajărilor de îmbunătăţiri funciare pe suprafeţe mari şi luarea în cultură a luncilor inundabile, se impune efectuarea de studii hidrogeologice aprofundate cu scopul de a determina resursele de apă subterană, şi de a prevenii sau înlătura fenomenele de înmălştinire şi/sau salinizare.

Studiile hidrogeologice au un rol important alături de cele pedologice deoarece prin intermediul lor se stabilesc măsurile hidroameliorative specifice zonelor amenajate cu lucrări de îmbunătăţiri funciare. Tot pe baza acestor studii, se stabilesc programe privind evoluţia nivelurilor apelor freatice şi a solului, măsuri de prevenire a poluării apelor subterane sub influenţa lucrărilor hidroameliorative aplicate. Astfel, în prezent, nu se mai concep nici-un fel de amenajări de îmbunătăţiri funciare fără ca acestea să fie aplicate în complex, cu un control foarte riguros asupra degradărilor ce pot apare în timp asupra apei freatice sau a solului.

In România, resursele de apă subterană însumează circa 8 miliarde $m^3$ din care 4 – 5 miliarde $m^3$ pot fi folosiţi ca sursă de alimentare cu apă. Ele prezintă calităţi superioare faţă de apele de suprafaţă care îşi pierd din volum prin evaporare şi sunt supuse mai intens poluării. Apele subterane pot fi folosite ca ape potabile, fără o tratare prealabilă, debitele exploatate se compensează prin reînnoire naturală. Mai pot fi folosite şi pentru amenajări locale de irigaţii dacă acvifere din zonele respective permit acest lucru.

Temperatura apelor subterane aflate la adâncimi cuprinse între 25 – 35 m este egală cu temperatura medie anuală a zonei respective, şi creşte în trepte geotermice cu circa $3^oC$/100 m la adâncimi mai mari de 35 m. La noi în ţară, temperatura medie a apei freatice este de 13-$17^oC$ vara şi $8^oC$ iarna, la adâncimi cuprinse între 25-35 m.

Gradul de mineralizare este influenţat de litologia straturilor în care este cantonată apa subterană.

### 2.5.2. Clasificarea şi distribuţia pe verticală a apelor subterane

Teoriile referitoare la originea apelor subterane, mai mult sau mai puţin controversate (Palissy, Descartes, Volger, Mariotte) au stabilit prin Lebedev (1936), că apele subterane se formează, în cea mai mare parte, prin infiltraţia apei din precipitaţiile atmosferice şi numai 1/7 – 1/5 prin condensarea vaporilor proveniţi din atmosferă în porii şi fisurile rocilor (Pişota I., Buta I. -1975).

Din punct de vedere al condiţiilorde cantonare, stratificare şi alimentare, apele subterane sunt de tip freatic sau de adâncime (Nicolau C. şi colab. 1970).

*Apele de tip freatic* se subîmpart în:

- *ape suspendate sau suprafreatice* care apar în mod natural sub influenţa condiţiilor meteorologice, sau artificial, prin pierderile de apă din sistemele de irigaţii. Apar frecvent în primăverile ploioase, în special, în zone bogate în precipitaţii şi mai reci, unde se menţin aproape tot timpul anului;
- *ape freatice*, specifice terenurilor permeabile situate pe straturi impermeabile, sunt mai profunde dar influenţate atât de condiţiile climatice cât şi de lucrările de îmbunătăţiri funciare; în funcţie de adâncime, se deosebesc ape freatice aflate la adâncime critică (1-3 m), subcritică (3-5 m) şi acritică (5-6 m); apa freatică situată la adâncime critică poate provoca gleizarea sau înmlăştinirea solului dacă apa urcă prin capilaritate până la suprafaţa solului, iar dacă este mineralizată – sărăturarea solului. Suprafaţa apelor freatice se reprezintă pe planuri hidrogeologice prin linii echipotenţiale ale suprafeţei libere numite **hidroizohipse** – când sunt linii de egală cotă a nivelului freatic, sau **izofreate** – când sunt curbe de egală adâncime a suprafeţei libere a apei freatice;
- *straturi acvifere libere*, specifice depunerilor aluvionare din albiile majore ale apelor curgătoare, şesurilor aluviale, bazelor teraselor râurilor şi depozitelor de loess;

- *ape dintre straturi impermeabile*, fără presiune, cantonate între al doilea sau al treilea strat impermeabil, influenţate mai puţin de condiţiile climatice.

*Apele de adâncime* se găsesc la adâncimi mari, cantonate tot între straturi impermeabile. Aceste ape se află sub influenţa presiunii hidrostatice care le imprimă un caracter ascensional negativ, când se ridică în piezometre numai deasupra stratului din care provin şi caracter ascensional pozitiv, când se ridică deasupra liniei terenului.

Din punct de vedere a originii, apele subterane se clasifică în:

- *ape vadoase*, provin din apa de infiltaţie din precipitaţii sau râuri şi din condensarea vaporilor în partea superioară a litosferei; aceste ape sunt folosite în lucrările de îmbunătăţiri funciare;
- *ape juvenile sau magmatice,* provin din condensarea subterană a vaporilor rezultaţi din procesele fizico-chimice de adâncime prin degazeificarea magmelor. Au temperaturi ridicate şi sunt bogate în săruri şi gaze în soluţie, iar când ies la suprafaţă sunt considerate ape minerale;
- *ape fosile sau de zăcământ* se prezintă sub forma unor straturi acfivere sub presiune fiind legate de zăcămintele petrolifere.

Distribuţi apelor subterane pe verticală este determinată de:

- structura geologică a straturilor;
- constituţia litologică a rocilor;
- permeabilitatea şi alternanţa straturilor.

În distribuţia apelor subterane pe verticală se disting două zone principale şi anume:

- zona de aeraţie sau saturaţie incompletă, caracterizată prin existenţa în porii solului atât a apei cât şi a aerului;
- zona de saturaţie completă sau aşa-numită zonă de apă subterană.

Pe profil mai apare o zonă de fluctuaţie care cuprinde atât zona de aeraţie cât şi subzona capilară.

În figura nr.2.30. se pot observa zonele şi subzonele de distribuţie a apei pe verticală pornind de la suprafaţa solului, caracterizate după cum urmează:

*Zona de aeraţie* are ca limite de referinţă nivelul suprafeţei terenului şi nivelul apei freatice, grosimea ei având o mare amplitudine de variaţie şi anume de la 0 m pe terenurile mlăştinite la zeci şi chiar sute de metri pe terenurile din zonele aride. În această zonă apa dominantă este cea capilară, reţinută datorită forţei cu acelaşi nume, denumită şi apă suspendată. Existenţa în această zonă şi a apei gravitaţionale este urmare a căderii unor ploi sau aplicării unor udări, deci o chestiune de tranzit spre zona saturată într-un timp mai mult sau mai puţin îndelungat, potrivit cu mărimea ploilor sau normelor de udare.

*Subzona de evaporaţie* are ca limită de referinţă nivelul suprafeţei terenului şi o grosime variabilă în adâncime, până la circa 1 – 2 m, în funcţie de adâncimea până la care se produce evaporaţia. Din această subzonă se evaporă apa căzută din precipitaţii sau distribuită prin irigare. Mişcare dominantă a apei are loc de jos în sus (mişcare capilară) şi în măsură mai mică, de sus în jos, prin difuziune, datorită pF-ului pe profil.

*Subzona intermediară* ocupă stratul dintre subzona de evaporaţie şi subzona franjului capilar. Grosimea ei depinde de adâncimea apei freatice. În această zonă apa circulă pe verticală datorită forţei gravitaţionale până se ajunge la apă peliculară. Apa peliculară nu este, în general, accesibilă plantelor, ceea ce face ca zona să mai fie denumită şi *orizont mort.*

Totodată, datorită existenţei unor vapori de apă din aer care pot condensa, subzona se mai numeşte şi *zonă de condensare.*

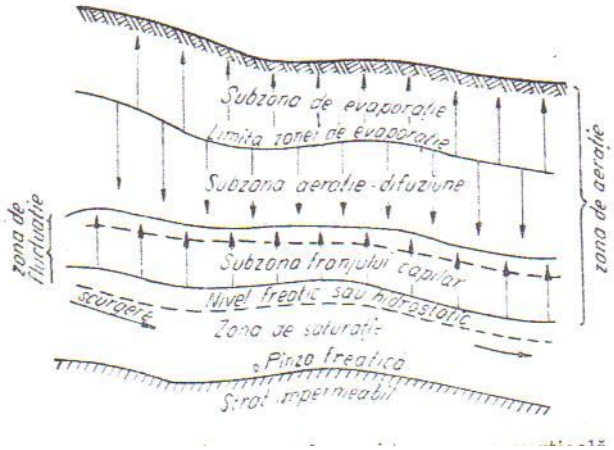



Fig.2.30. Distribuţia apelor subterane pe verticală

*Subzona capilară* sau subzona franjului capilar se află deasupra nivelului apei freatice, grosimea ei depinde de diametrul capilarelor, iar umiditatea creşte de sus în jos.

*Zona de saturaţie* are ca limită de referinţă nivelul superior al apei freatice şi stratul impermeabil pe care se sprijină. Variaţia freaticului în funcţie de precipitaţii, irigaţii sau evapotranspiraţie, dă caracterul fluctuant al acestei zone, denumită zonă de fluctuaţie.

### 2.5.3. Regimul apelor freatice

Amplitudinea de variaţie a nivelurilor şi chiar a debitelor apelor freatice este determinată de influenţa a două categorii de factori: naturali şi artificiali.

Dintre factorii naturali, precipitaţiile influenţează cel mai mult variaţia nivelului apelor freatice. Acest lucru este expresia corelaţiei, în timp, dintre cantitatea de precipitaţii căzute, mărimea infiltraţiei, proprietăţile fizice şi hidrofizice ale orizonturilor solului etc. Cercetări efectuate în acest sens în Lunca Dunării – incinta Boianu-Sticleanu (Pleşa I. şi colab. 1968) au arătat că după perioadele de precipitaţii abundente căzute în anii 1966 şi 1967, nivelul apei freatice a crescut cu peste 0,5 m.

Modul de exprimare a influenţei precipitaţiilor asupra creşterii nivelului apelor freatice se face prin coeficientul de efectivitate $C_e$, ca raport între suma precipitaţiilor P şi creşterea nivelului freatic C, în funcţie de natura stratului saturat, adică:

$$C_e = \frac{P}{C}$$

Pe suprafeţele de teren limitrofe cursurilor de apă, nivelul apelor freatice este influenţat şi de variaţia nivelelor din aceste cursuri. Astfel, la ape cu niveluri ridicate în albiile cursurilor creşte şi nivelul apelor freatice şi invers. Experienţe efectuate, în condiţiile arătate anterior, precizează că nivelul ridicat al Dunării a determinat creşteri ale nivelului apelor freatice pe o distanţă de circa 1 km, cu valori în jur de 1 m, înregistrate în puţurile de observaţie amplasate în imediata vecinătate a digului longitudinal şi de circa 0,5 m la distanţa de 400 m de dig. Efectul drenant al Dunării s-a resimţit pînă la distanţa de peste 700 m de digul longitudinal.

Caracteristicile pedoclimatice specifice teritoriului ţării noastre, conduc la o împărţire a apelor freatice în zonale şi azonale, cu importante implicaţii în abordarea diferitelor genuri de lucrări de îmbunătăţiri funciare.

Pe baza valorilor coeficientului (indicelui) de ariditate $K_c$, ca raport între gradul de evaporabilitate, E şi precipitaţii, P, adică:

$$K_c = \frac{E}{P}$$

Teritoriul ţării a fost împărţit în funcţie de zona de umiditate şi caracterul apelor freatice, după cum urmează:

*Ape freatice zonale:*

- Kc < 0,8 pentru zona umedă specifică regiunilor înalte (Carpaţii Orientali şi Meridionali, Munţii Apuseni etc);
- 0,8< Kc < 1,2 pentru zona subumedă specifică Podişurilor Moldovei şi Transilvaniei, caracterizate prin adâncimi mari ale apelor freatice, precum şi câmpiilor pietmontale (depresiunile Giurgiului, Ciucului, Bîrsei, Făgăraşului, curbura Carpaţilor etc) caracterizate prin adâncimi mici, de la 0-7 m;
- Kc > 1,2 pentru zona secetoasă, specifică unor părţi din Podişul Bîrladului şi Câmpia Jijiei unde apele freatice sunt adânci şi cu grad mare de mineralizare, precum şi în Câmpia Tisei, Câmpia Crişurilor, Câmpia Română, pe terenurile loessoide, cu adâncimi de la ordinul metrilor la zeci de metri.

*Ape freatice azonale* sunt caracteristice regiunilor calcaroase (Bihor, Mehedinţi, sudul Dobrogei etc); luncilor râurilor interioare şi Lunca Dunării; la baza dunelor (Buzău, Călmăţui, Câmpia Tisei, Carei etc); litoralul Mării Negre şi Deltei Dunării; limitrofe unor cursuri de apă cu conţinut ridicat în săruri (Slănic de Buzău, Slănic Prahova, Cricovul Sărat etc).

### 2.5.4. Circulaţia apelor subterane

Circulaţia apelor subterane are loc prin porii şi fisurile rocilor în care sunt cantonate, viteza de circulaţie fiind legată de natura şi granulometria rocilor după cum urmează:

- viteza mare de circulaţie, în *roci acvifere* (nisipuri, pietrişuri, bolonovănişuri, grohotişuri etc. cu pori mari);
- viteză redusă de circulaţie, în *roci acvilude* (marne şi argile, cu pori mici);
- viteză foarte redusă de circulaţie, uneori apa chiar nu circulă, în *roci acvifuge* (eruptive, metamorfice şi sedimentare cimentate).

Apa subterană circulă sub influenţa gradientului hidraulic având de regulă, o scurgere laminară şi o viteză variabilă mai ales în rocile granulare compacte. Neomogenitatea rocilor şi a pantelor curentului subteran pot determina uneori o scurgere turbulentă.

Direcţia de mişcare sau de scurgere a apelor subterane poate fi determinată şi prin drenaj, deschideri de straturi, pompări din foraje, sensul de mişcare producându-se spre locul de formare al depresiunii.

Legea care guvernează circulaţia apei subterane este **legea lui Darcy**, care a demonstrat că debitul de scurgere al apei prin medii poroase este direct proporţional cu gradientul hidraulic.

*Gradientul hidraulic*, (I) este raportul între diferenţa de nivel dintre două puncte – pe suprafaţa liberă a apei la presiunea atmosferică - şi distanţa dintre puncte $\left(i = \frac{h}{l}\right)$, fig. 2.31.

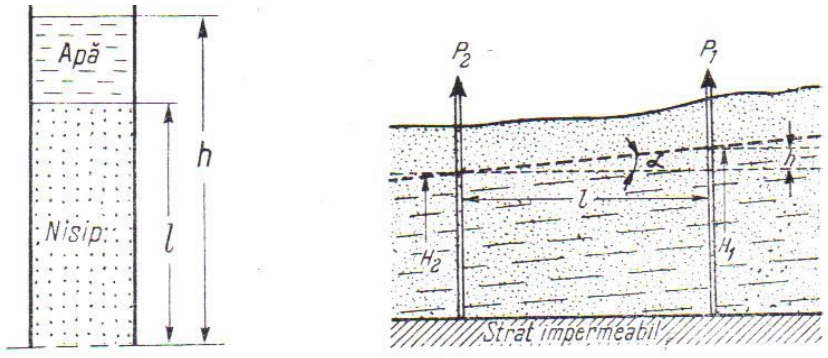



Fig. 2.31. Circulaţia apei subterane
a – pe verticală ; b – pe plan înclinat

După legea lui Darcy, *debitul de scurgere al apelor subterane* se poate calcula cu relaţia:

$$Q = K \cdot \omega \cdot \frac{(H_1 - H_2)}{l}, \quad \text{în m}^3/\text{s}$$

în care:

K - conductivitatea hidraulică, în m/s, cu valorile $10^{-3}$ pentru nisip grosier şi $10^{-8}$ , şi $10^{-11}$ pentru argile grele;

ω - suprafaţa secţiunii transversale a materialului poros prin care are loc scurgerea, în $m^2$;

$H_1$-$H_2$ - diferenţa de nivel între punctele considerate, la suprafaţa liberă a apei, în m;

l - distanţa dintre puncte, în m.

Legea lui Darcy se poate aplica atunci când curgerea este laminară (se înregistrează la panta cuprinsă între 0,05 – 0,0005), viteza apei este foarte mică, diametrul particulelor nu depăşeşte 3 mm, iar conductivitatea hidraulică este cuprinsă între $10^{-3}$ m/s şi $10^{-8}$ şi chiar $10^{-11}$ care corespund nisipului grosier şi respectiv solurilor argiloase.

*Viteza aparentă de scurgere a apei subterane*, folosind termenii din relaţia debitului, se poate calcula cu relaţia:

$$V_a = K \frac{(H_1 - H_2)}{L} = K \cdot I ,$$

în care:

I - panta apei subterane.

Cunoaşterea *direcţiei de circulaţie (scurgere)* a apelor subterane are multiple aplicaţii în lucrările de îmbunătăţiri funciare (desecare-drenaj, captarea izvoarelor, surse de alimentare cu apă potabilă şi pentru irigaţii etc).

Procedeele de determinare a direcţiei şi chiar vitezei de circulaţie a apelor subterane constau în introducerea în apele subterane, de obicei prin intemediul unor substanţe colorante sau radioactive şi urmărirea ajungerii lor în puţurile vecine din zona teresată, în apa izvoarelor etc. De asemenea, se mai folosesc şi procedee grafice.

Substanţele colorante (trasorii coloranţi, de exemplu fluoresceina, fuxine, uranina, fenol-ftalina) trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

- să se dizolve uşor în apă;
- să nu producă reacţii chimice;
- să nu fie toxice pentru oameni, animale, plante;
- să nu fie adsorbite de mediul poros prin care trec;
- să fie uşor vizibile în locul de apariţie (de exemplu fluoresceina care este o pulbere de culoare cărămizie, devine verde cu o fluorescenţă vizibilă cu ochiul liber la o diluţie de până la 1: 40 milioane).

### 2.5.5. Hidrometria apelor subterane

Pentru a cunoaşte regimul şi proprietăţile apelor subterane este necesară înfiinţarea unei reţele de posturi de observaţii hidrogeologice, care să furnizeze datele necesare proiectării, exploatării şi întreţinerii lucrărilor de îmbunătăţiri funciare, precum şi prognozarea efectelor acestora pe teritoriile amenajate.

Observaţiile hidrogeologice se fac cu ajutorul unor puţuri forate (puţuri hidrogeologice), singulare sau pe aliniamente interesate, potrivit cu etapa ce se impune şi anume:

- pentru etapa de studii necesare proiectării lucrărilor hidroameliorative, durata observaţiilor este de 1 – 3 ani;

- pentru etapa de exploatare a lucrărilor executate şi a terenurilor amenajate, durata şi natura observaţiilor este legată de genul lucrărilor şi efectele acestora, în timp, asupra solului, producţiei agricole etc.

În cele ce urmează, se prezintă o serie de date, legate, pe de o parte, de problemele specifice tehnice şi organizatorice privitoare la hidrometria apelor subterane, iar pe de altă parte, de nevoia cunoaşterii şi folosirii lor de către specialişti în a căror sarcină revine exploatarea terenurilor amenajate prin lucrări de îmbunătăţiri funciare.

**Proiectarea** reţelei de puţuri hidrogeologice în conformitate cu "Instrucţiunile tehnice privind proiectarea, execuţia, întreţinerea şi exploatarea reţelei de puţuri de observaţii hidrogeologice, pentru îmbunătăţiri funciare" P.D. – 12 – 71, trebuie să aibă în vedere:

- condiţiile hidrogeologice şi pedologice ale teritoriului interesat;
- morfologia teritoriului (luncă, terasă etc);
- litologia şi grosimea straturilor acvifere;
- adâncimea, mineralizarea şi chimismul apelor freatice;
- destinaţia reţelei puţurilor de observaţie (apele de tip freatic propriu-zis care interesează în special la studiile necesare proiectării lucrărilor; apele suprafreatice şi sezoniere care interesează în special pentru exploatarea lucrărilor şi a terenurilor ameliorate; nivelul liber sau sub presiune al acestor ape);
- sursa de alimentare şi drenaj;
- regimul hidrologic şi hidraulic (natural, regularizat – îndiguit, barat etc.) al cursului de apă limitrof teritoriului interesat;
- lucrările de îmbunătăţiri funciare de pe teritoriul interesat (îndiguiri, desecări, irigaţii, lacuri de acumulare, amenajări piscicole etc);
- reţea de puţuri hidrogeologice şi foraje existente pe teritoriul interesat şi coordonarea proiectării celor noi cu reţeaua hidrogeologică a României.

**Densitatea puţurilor hidrogeologice**. Densitatea puţurilor de observaţie se stabileşte în funcţie de destinaţie (proiectare sau exploatare) precum şi de straturile ce interesează a fi observate (freatice sau suprafreatice). Astfel:

Pentru observaţii asupara stratului freatic caracterizat prin omogenitate (terase, câmpii), cu mineralizare sub 2 g/l necesare etapei de proiectare se execută:

- un puţ la 500 – 1000 ha, pentru adâncimi ale apei freatice mai mici de 5 m;
- un puţ la 1000 – 2000 ha pentru adâncimi între 5 – 10 m;
- un puţ la peste 2000 ha, pentru adâncimi peste 10 m.

În condiţii hidrogeologice complexe (lunci, câmpii joase etc.) şi mineralizare diferită, densitatea puţurilor are valorile:

- un puţ la 200 – 300 ha, la mineralizare peste 2 g/l;
- un puţ la 300 – 500 ha la mineralizare sub 2 g/l.

Pe suprafeţe mai mici (500 – 1000 ha), pe care se proiectează lucrări de drenaj închis, sau se găsesc în zona de influenţă a unor lacuri de acumulare, densitatea puţurilor, menţionată aterior, se măreşte cu 20 -25%.

Pentru observaţii asupra stratului suprafreatic (în lunci, terase joase, câmpii aluvionare) necesare etapei de proiectare, se prevăd puţuri cu aceeaşi densitate de la observaţiile asupra freaticului.

Dacă pe aceeaşi suprafaţă, în funcţie de particularităţile hidrogeologice, se prevăd puţuri de observaţii şi pentru freatic, aceste se execută în raport de la 1 la 5-10 puţuri de observaţii pentru suprafreatic.

Pentru observaţii necesare etapei de exploatare a lucrărilor de îmbunătăţiri funciare şi a terenurilor amenajate, densitatea puţurilor de observaţie creşte de la 50% - 100% faţă de cele necesare etapei de studii necesare proiectării. Îndesirea are loc, mai ales, prin dispunerea celor suplimentare în profile transversale faţă de canale, diguri, amenajări piscicole etc. În zona de influenţă a lacurilor de acumulare densitatea puţurilor necesare etapei de exploatare poate ajunge la un puţ pentru 50-60 ha.

**Amplasarea puţurilor hidrogeologice.** Pentru condiţii hidrogologice asemănătoare, în perimetrul interesat, distanţa între profilele hidrogeologice transversale este de 8-10 km şi 2-4 km pentru condiţii hidrogeologice diferite.

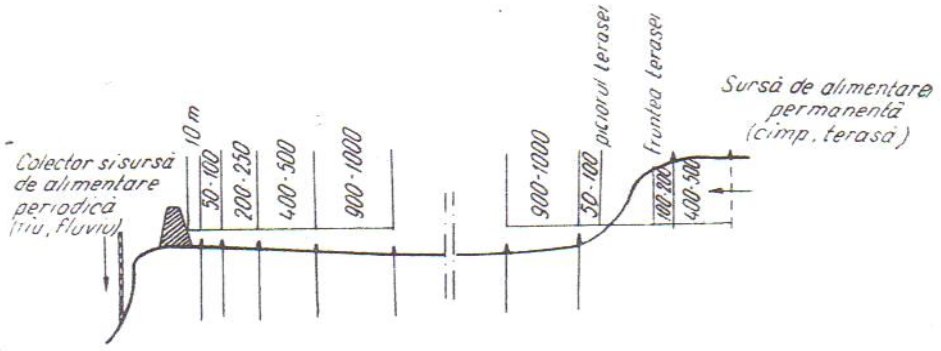



Fig.2.32. Amplasarea puţurilor hidrogeologice de observaţie în profil transversal

Distanţe orientative între puţurile de observaţie, luând ca punct de referinţă sursa de apă (colectorul) se pot vedea în fig.2.32.

**Elemente constructive ale unui puţ hidrogeologic. Pentru observaţii asupra stratului freatic.**

- adâncimea minimă 4-5 m;
- diametrul forajului 5 ” – 8”;
- ∅ coloană observaţie 3 – 4”;
- material: PVC tip M<15 m;
  PVC tip G>15 m;
- filtru protector exterior (pietriş şi sită filtru);
- bloc de protecţie din beton;
- baliză (stâlp) de semnalizare.

Toate aceste elemente constructive şi alte elemente dimensionale se pot vedea în fig.2.33.

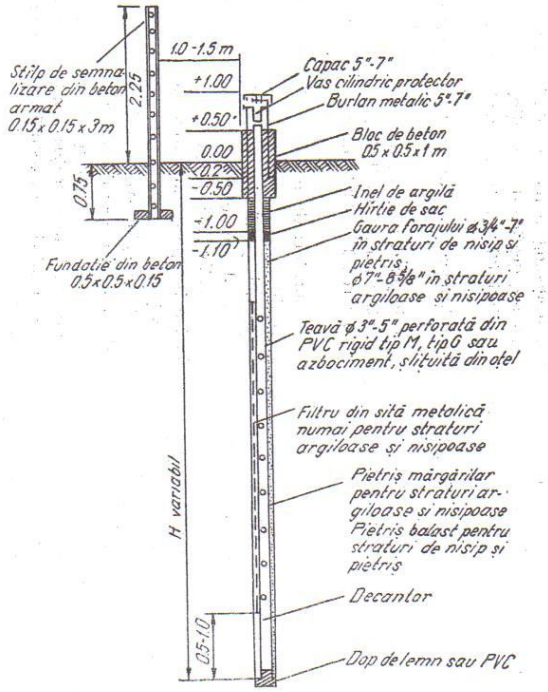

Stîlp de semnalizare din beton armat 0.15x0.15x3m
2.25
1.0-1.5 m
+1.00
+0.50
0.00
-0.2
-0.50
-1.00
-1.10
0.75
Fundație din beton 0.5x0.5x0.15
Capac 5"-7"
Vas cilindric protector
Burlan metalic 5"-7"
Bloc de beton 0.5 x 0.5 x 1 m
Inel de argilă
Hîrtie de sac
Gaura forajului ø 3¼"-7" în straturi de nisip și pietriș ø 7"-8⅜" în straturi argiloase și nisipoase
Teavă ø 3"-5" perforată din PVC rigid tip M, tip G sau azbociment, șlituită din oțel
Filtru din sită metalică numai pentru straturi argiloase și nisipoase
Pietriș mărgăritar pentru straturi argiloase și nisipoase
Pietriș balast pentru straturi de nisip și pietriș
H variabil
Decantor
0.5-1.0
Dop de lemn sau PVC

Fig.2.33. Puţ hidrogeologic de observaţii pentru stratul freatic

**Execuţia puţurilor hidrogeologice** se face de unităţi specializate, pe bază de proiecte.

**Recepţia puţurilor hidrogeologice** de către beneficiar se face pe bază de proces - verbal şi a unui plan de situaţie cu amplasarea fiecărui puţ şi cotele absolute ale acestora.

**Măsurătorile de nivel a apei subterane** se efectuează din 10 în 10 zile pentru adâncimi mai mici de 10 m şi la 20 zile când acestea sunt mai mari de 10 m, folosindu-se sonda fluier (fig.2.34), sonde electrice sau cu ajutorul limnigrafelor.

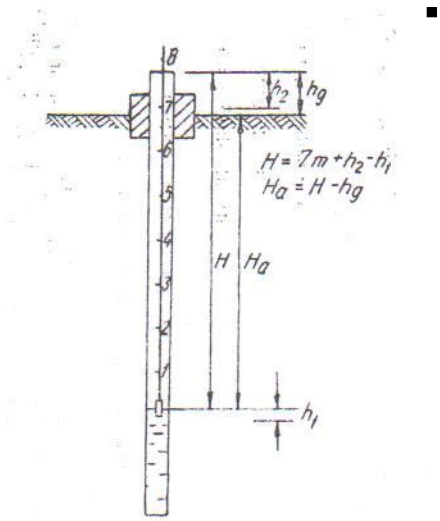



Fig.2.34. Instrument de măsurare a adâncimii nivelului apei freatice

În perimetrul de amplasare a puţurilor hidrogeologice măsurătorile de nivel trebuie efectuate în 3 – 4 zile, cu o precizie de ± 1 cm. La începutul perioadei de măsurători se recomandă şi măsurarea adâncimii apei în fiecare puţ.

Frecvenţa măsurătorilor se stabileşte în funcţie de adâncimea nivelului apei şi perioada calenderistică după cum urmează:

- niveluri mai mici de 2 m, o dată la 3 – 5 zile în perioada martie-octombrie şi o dată la 7 zile în perioada noiembrie-februarie;
- niveluri între 2 – 5 m, o dată la 3 – 5 zile în perioada martie-octombrie şi o dată la 7 zile în perioada noiembrie-februarie;
- niveluri mai mari de 5 m, o dată la 7 zile în perioada martie-octombrie şi respectiv 10 zile în perioada noiembrie-februarie;

Datele obţinute din măsurători privind nivelurilor apei freatice se folosesc la întocmirea graficelor de variaţie a nivelului, a hărţilor cu hidroizohipse şi izofreate, a curbelor de frecvenţă şi de asigurare. Pe baza acestor date, Institutul de Meteorologie şi Hidrologie elaborează şi difuzează lunar „Buletinul hidrologic pentru apele freatice" în care se prezintă nivelurile apei freatice din Câmpia Română şi Câmpia de Vest.

Gradul de mineralizare a apei freatice – se recoltează date din 15-20 % din totalul puţurilor hidrogeologice cu ajutorul unei căldăruşe cu supapă la fund. Astfel recoltate, probele de apă freatică se introduc în bidoane de plastic de 0,5 – 1 litru, fiind analizate în laborator. Se determină pH-ul, reziduu mineral fix, cationii şi anionii şi prezenţa unor substanţe poluante, dacă este cazul.

Numărul de recoltări şi perioada calenderistică de recoltare se stabileşte în funcţie de adâncimea nivelului apei şi a gradului de mineralizare după cum urmează:

- de 3 ori pe an (primăvara, sfârşit de vară, toamna), la adâncimi freatice mai mici de 3 m şi mineralizare mai mare de 2 g/l;

- de 2 ori pe an (primăvara, toamna), la adâncimi freatice mai mici de 3 m şi 3-5 m cu mineralizarea apei freatice mai mică de 2 g/l;

- o dată pe an (primăvara), la adâncimi ale apei freatice mai mari de 5 m.

### 2.5.6. Prognoza nivelului apei freatice

Creşterea nivelului apelor freatice din sistemele de irigaţie cu caracter temporar sau permanent al excesului de apă în unele amenajări hidroameliorative din ţara noastră a determinat apariţia unor fenomene de sărăturare secundară şi/sau înmlăştinire. Modul în care trebuie proiectate, executate şi exploatate toate amenajările de îmbunătăţiri funciare pentru a elimina efectele negative mai sus amintite au determinat necesitatea efectuării de studii de prognoză hidrogeologică.

În cadrul amenajărilor de irigaţii, prognoza nivelului apei freatice presupune cunoaşterea în prealabil a regimului iniţial a apelor subterane şi a factorilor care îl influenţează după infiinţarea sistemului de irigaţii.

Factorii care pot influenţa creşterea nivelului freatic sunt:

- pierderile de apă prin percolare la aplicarea udării şi care alimentează pânza freatică;
- nivelurile apei din râuri, lacuri sau alte surse care sunt învecinate cu suprafaţa irigată.

Înainte de amenajarea terenului cu lucrări de irigaţii/drenaj apa freatică are un regim de curgere permenent, la momentul $t_o$, ca după aplicarea irigaţiei să nivelul apei freatice să crească la valorile $t_1$, $t_2$,$t_3$, (fig. 2.35.). La începutul aplicării irigaţiei această creştere a apei fretice este mai rapidă, pentru ca după un anumit timp să se ajungă din nou la regim permenent de curgere a apei subterane. Aplicarea lucrărilor de drenaj determină scăderea nivelului apei freatice.

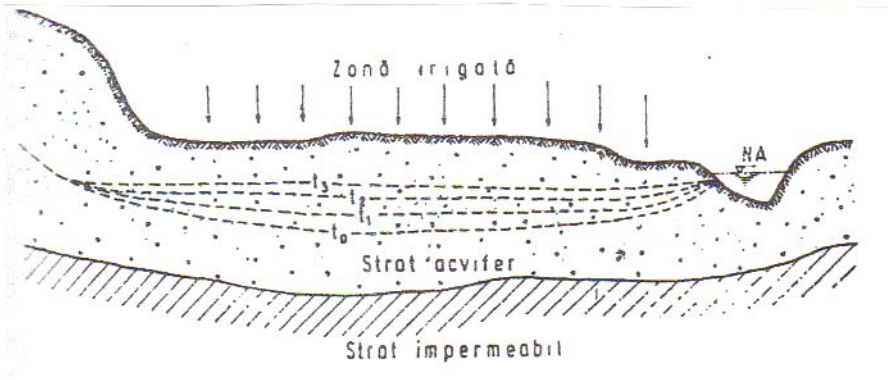



Fig.2.35. Creşterea nivelului apei freatice în zonele irigate

În prognoza evoluţiei apelor freatice din zonele irigate se pot întâlni următoarele situaţii caracteristice (fig.2.36):

A – nivelul apei freaice rămâne sub adâncimea critică şi după atingerea noului regim permanent;

B – nivelul apei freatice rămâne sub adâncime mai mare decât adâncimea critică, după un număr mai mare de ani;

C – nivelul apei subterane depăşeşte adâncimea critică într-un interval de timp scurt

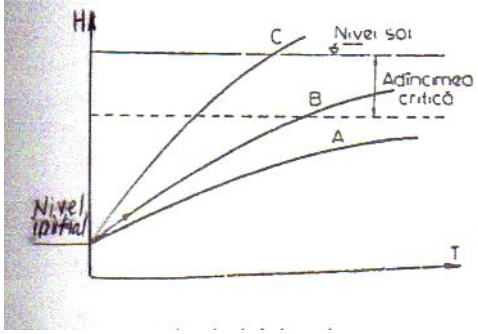



Fig.2.36. Variaţia nivelului apei freatice

În calculele de prognoză se începe cu determinarea poziţiei suprafeţei libere a apei subterane în regim permanent. Dacă nivelul apei subterane rămâne sub adâncimea critică nu se efectuează calculele pentru regim nepermanent. În cau contrar, se impune să se stabilească şi prognoze în regim nepermanent, pentru ca în funcţie de timpul necesar pentru ridicarea nivelului la adâncimea critică, să se stabilescă măsurile pentru prevenire fenomenului (combaterea pierderilor de apă, intercepţia pânzelor subterane, introducerea drenajului).

Calculele de prognoză sunt complexe, nefiind elucidate complet până în prezent. Pentru regim permanent de curgere a apei în funcţie de volumul de apă infiltrat care alimentează pânza freatică şi porozitatea efectivă, înălţimea de ridicare a nivelului freatic se poate determina cu relaţia:

$$h_f = \frac{V_{\text{inf}}}{\eta_o S_i}$$

în care:

$h_f$ – înălţimea de ridicare a nivelului freatic, în m/an;

$V_{inf}$ – volumul de apă care se infiltrează prin profilul de sol provenit din precipitaţii, irigaţii sau alte surse, în $m^3$/an;

ηo – porozitatea efectivă (volumul apei libere din volumul apei rocii) a stratului în care se ridică nivelul apei freatice, la unitate

$S_i$ – suprafaţa zonei influenţate din pierderile de apă prin infiltraţie, în $m^2$

Calcule de prognoză au fost efectuate în incintele îndiguite ale interfluviilor dintre Ialomiţa, Buzău, Siret şi Dunăre în condiţii de irigare de către Ioaniţoaia ş.a. în anul 1971, care au stabilit că porozitatea efectivă a depozitelor din tavanul stratului acvifer prezintă următoarele valori:

- pentru depozite de loess – 10%
- pentru depozite de nisipoase – 14%
- pentru depozite de nisip – 20%

Valorile mici ale porozităţii efective au determinat creşteri rapide ale nivelului apei freatice din sistemele de irigaţie. Dacă se consideră o normă medie de irigaţie de 2800 $m^3$/ha şi un randament global al sistemului de 0,7, cu o porozitate efectivă de 20%, rezultă o înălţime de ridicare a nivelului freatic de 0,6 m/an.

Norma de irigare brută = 2800 : 0,7 = 4000 $m^3$/ha
Volumul de apă pierdut: 4000 – 2800 = 1200 $m^3$/ha

$h_f$ = 1200 : (0,20 x 10000) = 0,60 m/an

Degradarea unor mari suprafeţe de teren prin aplicarea normelor de udare (urmate uneori de precipitaţii) fără să fie introduse şi lucrări de drenaj a condus la recomandarea aplicării lucrărilor mixte de irigaţii şi drenaj, pentru prevenirea ridicării nivelului apei din pânza freatică şi a deteriorării calităţii solurilor.

**Întrebări:**

1. Definiţi termenul hidraulică şi al componentelor sale.
2. Definiţi presiunea hidrostatică şi prezentaţi legea fundamentală a hidrostaticii.
3. Prezentaţi principalele aplicaţii ale hidrostaticii.
4. Care sunt principalele forme de mişcare a lichidelor; ecuaţia de bază a hidrodinamicii.
5. Ce este hidrologia şi care sunt elementele componente ale circuitului apei în natură.

6. Definiţi reţeaua hidrografică şi precizaţi elementele bazinului hidrografic.
7. Definiţi hidrometria şi precizaţi nivelurile caracteristice în albia unui râu.
8. Ce este hidrogeologia şi cum se distribuie pe verticală apele subterane.

**BIBLIOGRAFIE**


| | | | |
|---|---|---|---|
| 9 | Gheorghiu I.M. | - | Îmbunătăţiri funciare, EDP, Bucureşti, 1964 |
| 10 | Kiselev P.G. | - | Indreptar pentru calcule hidraulice, Ed.Tehnică, Bucureşti, 1988 |
| 13 | Man T.E. şi colab. | - | Hidroameliorații, Ed.ApriliaPrint, Timişoara, 2007 |
| 15 | Mărăcineanu Fl. | - | Drenaj agricole, USAB-AMC, Bucureşti, 1994 |
| 16 | Measnicov M. | - | Imbunătăţiri funciare, EDP, Bucureşti, 1975 |
| 18 | Nicolau C.şi col. | - | Îmbunătăţiri funciare. EDP, Bucureşti, 1970 |
| 19 | Pleşa I. şi col. | - | Îmbunătăţiri funciare. Lucrări practice. EDP, Bucureşti, 1967 |
| 21 | Pleşa I., Cîmpeanu S. | - | Îmbunătăţiri funciare, Ed.Crisbook Universal, Bucureşti, 2001 |
| 22 | Savu P. şi col. | - | Îmbunătăţiri funciare şi irigarea culturilor. Lucrări practice. Ed.Ion Ionescu de la Brad, Iaşi, 2005 |
| 24 | Stăncescu L.şi col. | - | Îndrumător tehnic pentru lucrări de îmbunătăţiri funciare. Ed.Ceres, Bucureşti, 1984 |
| 26 | Wehry A. , Panţu H. | - | Amenajări hidroameliorative, Ed. ApriliaPrint, Timişoara, 2008 |

# UNITATEA DE ÎNVĂŢARE - III

# COMBATEREA EROZIUNII SOLULUI

**Cuvinte cheie:** eroziunea solului, eroziune de suprafaţă, eroziune de adâncime, ecuaţia universală a eroziunii, organizarea antierozională a teritoriului, solă, parcelă, tarla, trup viticol (pomicol), covor vegetal

**Rezumat:**

Eroziunea solului cauzată de apă este un proces natural, care se poate intensifica ca urmare a activităţii antropice. În anumite zone pedoclimatice se produce eroziunea eoliană cu forme şi efecte specifice de manifestare.

Eroziunea solului constituie un proces de degradare din ce în ce mai intens, pe măsura intensificării exploatării resurselor de sol în special pe terenurile în pantă.

Efectele principale se datorează înlăturării unui volum important de sol care determină reducerea fertilităţii, degradarea terenurilor, reducerea biodiversităţii, etc.

Eroziunea solului contribuie la colmatarea lacuzrilor de acumulare şi a lucrărilor hidroameliorative de pe versanţi.

Factorii facorizanţi ai eroziunii solului sunt: precipitaţiile, relieful, properietăţile fizice şiu chimice ale solului, vegetaţia şi factorii sociali-economici. Eroziunea solului poate fi estimată cantitativ prin ecuaţia universală a eroziunii solului, adaptată după specialiştii români la condiţiile specifice ţării noastre.

Pentru combaterea eroziunii hidrice a solului se folosesc tehnici specifice diferenţiate în funcţie de categoria de folosinţă a terenului care cuprind: organizarea antierozională a teritoriului, măsuri şi lucrări hidroameliorative, tehnici şi lucrări agropedoameliorative.

## 3.1. ASPECTE GENERALE PRIVIND EROZIUNEA SOLULUI

Eroziunea este un proces natural care s-a declanşat odată cu formarea litosferei şi a atmosferei, manifestându-se pe toată suprafaţa uscatului. În funcţie de numeroasele schimbări care au intervenit în decursul istoriei pământului, atât din punctul de vedere al nivelurilor mărilor şi oceanelor cât şi din punctul de vedere al climei precum şi a intensităţii cu care a acţionat, eroziunea a fost diferită.

Eroziunea care a contribuit în decursul epocilor geologice la geneza actualelor forme de relief se numeşte eroziune geologică veche.

În condiţiile climatice actuale când solul a fost îmbrăcat cu vegetaţie, procesul de eroziune a fost mult încetinit, însă nu este în totalitate oprit. Procesul de eroziune ce continuă şi în condiţiile climatice actuale constitue eroziunea geologică actuală.

Procesul de eroziune a fost mult accelerat şi datorită intervenţiei omului, care a început să defrişeze pădurile, să desţelenească păjiştile, practicând agricultura pe versanţi. Acesată eroziune declanşată de acţiunea omului a fost numită eroziunea accelerată sau antropogenă.

Eroziunea accelerată se datorează acţiunii a doi agenţi naturali - apa şi vântul - şi este mai rapidă decât eroziunea geologică. În ţara noastră, eroziunea accelerată prin apă este cea mai răspândită.

Eroziunea aceelerată sau antropogenă a devenit un fenomen răspândit, ca urmare a intervenţiei omului, şi are o mare importanţă din punct de vedere practic, deoarece provoacă scăderea fertilităţii solului, transformând terenurile altă dată fertile în neproductive. Ogaşele şi ravenele ce se formează împiedică folosirea raţională a

teritoriului, creîndu-se în acelaşi timp mari dificultăţi aşezărilor omeneşti şi căilor de comunicaţie.

Din datele existente a Fondului Internaţional pentru Dezvoltarea Agriculturii se arată că în ultimii 30 de ani s-a pierdut circa 20% din solul superficial al terenurilor pentru plante de cultură, în cea mai mare parte din lipsa fondurilor, dar şi a tehnologiei necesare pentru aplicarea măsurilor de conservare.

Prevenirea şi combaterea eroziunii solului depinde în mare măsură de realizarea şi respectarea principiilor dezvoltării rurale durabile pentru zonele colinare, deluroase şi montane afectate de procesele de degradare ale solului prin eroziune.

### 3.1.1. Consecinţele eroziunii solului

Eroziunea solului a produs întotdeauna pagube însemnate atât agriculturii cât şi altor sectoare ale economiei. Pagubele provocate de eroziunea solului sunt foarte mari şi variate, iar lupta pentru înlăturarea lor este grea, costisitoareşi uneori cere timp îndelungat. De aceea, preocuparea proncipală a specialiştilor şideţinătorilor de terenuri trebuie saă se axeze pe prevenirea eroziunii solului şi luarea celor mai eficiente măsuri de luptă cu urmările eroziunii declanşate până în prezent.

Principalele pagube provocate agriculturii de către eroziune sunt strâns legate de scăderea fertilităţii solurilor erodate, scădere care diminuează accentuat producţia culturilor agricole.

Scăderea fertilităţii solurilor erodate se datorează modificărilor pe care le produce eroziunea proprietăţilor chimice, fizice şi microbiologice ale solurilor.

**a. Modificarea proprietăţilor chimice ale solului**

Prin eroziune se îndepărtează în primul rând stratul de sol de la suprafaţă, orizontul de acumulare a humusului şi azotului. Fosforul se acumulează într-o măsură mai mică la suprafaţa solului, iar potasiul este răspândit aproape uniform în profilul de sol. De aceea, solurile erodate au un conţinut ridicat de humus şi de azot şi astfel fertilitatea lor se reduce în mare măsură.

Prin spălarea (erodarea) unui strat de sol de tip cernoziomic de numai 1 cm grosime se pierd cca 150 tone sol care cuprind 6 tone humus, 210 kg N, 12 kg P şi 25 kg K accesibil. În Moldova, pe solurile afectate moderat de eroziune, rezeerva de humus s-a redus cu până la 48%, în timp ce pe solurile puternic afectate şi foarte puternic afectate rezerva s-a redus cu până la 83%.

Prin diminuarea rezervelor de humus ale solului se produce o pierdere importantă de materie organică şi elementele fertilizante, în special de azot, elementul cel mai afectat de eroziune. De aceea, îngrăşămintele cu azot aplicate pe terenurile erodate aduc sporuri însemnate de recoltă. În privinţa conţinutului mediu de fosfor total, reducerea a fost de până la 29% pe terenurile moderat erodate şi de 60% pe cele puternic şi foarte puternic erodate.

Spre deosebire de N şi P, pe solurile erodate cresc rezervele de carbonaţi, pe întreg profilul, de 1,5 până la 3,2 ori, pe seama orizonturilor inferioare ajunse la zi.

Conţinutul ridicat în carbonaţi micşorează accesibilitatea elementelor fertilizante din sol, în special a fosforului mobil.

Conţinutul solului în elemente nutritive asimilabile se reduce şi ca urmare a diminuării activităţii microorganismelor din sol.

**b. Modificarea proprietăţilor fizice şi hidrofizice ale solului**

Prin reducerea considerabilă a cantităţii de humus din sol, s-a ajuns la distrugerea structurii acestuia şi la micşorarea vitezei de infiltraţie a apei în sol şi a permeabilităţii. Ca urmare, se favorizează dezvoltarea şi mai accentuată a fenomenului de eroziune, concomitent cu înrăutăţirea condiţiilor de creştere şi dezvoltare a plantelor.

Dintre proprietăţile fizice ale solului, modificările cele mai importante sunt:

- *structura solului* este influenţată puternic, în sensul că stabilirea hidrică a structurii scade pe măsură ce se aceentuează gradul de eroziune şi se reduce conţinutul de humus; astfel, stabilirea hidrică a structurii unui sol de tip cernoziomic din Câmpia Transilvaniei s-a redus de la 90% pe solul neerodat, la 60% pe solul moderat erodat şi 56% pe cel foarte puternic erodat.

- *textura solului* prin trierea materialelor şi a transportului în primul rând a particulelor fine, argiloase şi prin faptul că ajung la suprafaţă orizonturile inferioare care au de cele mai multe ori o textură diferită de cea a orizonturilor superioare.

Modificarea texturii are loc şi prin depunerea materialelor erodate în zonele cu pante mai reduse, la baza versanţilor.

Cercetările efectuate la SCCES – Pireni au evidenţiat faptul că, în cazul unei stări avansate de eroziune, conţinutul de argilă în stratul de la suprafaţă A(0-20 cm adâncime) se reduce faţă de solul neerodat, în medie cu 17% la cernoziomul cambic, 34% la solul brun-roşcat şi cu 18% la solul cenuşiu închis, iar valorile *densităţii aparente* cresc cu 7 până la 30% în partea superioară a profilului, (Pleşa I., Cîmpeanu S., 2001).

Pe solurile erodate prin modificarea structurii şi a texturii solului s-au constatat modificări şi asupra indicilor şi proprietăţile hidrofizice, deci a relaţiilor solului cu apa. Dintre indicii hidrofizici ai solului care suferă modificări se pot enumera:

- *capacitătea de apă în câmp* şi a *coeficientului de ofilire*, care prin modificarea lor contribuie la micşorarea intervalului umidităţii active, deci, la reducerea apei accesibile plantelor; astfel, se înrăutăţesc condiţiile de dezvoltare a plantelor.

Cercetările din Podişul Bârladului efectuate pe un cernoziom cambic puternic erodat, la adâncimea 0-1m, apa aceesibilă s-a redus cu 800 $m^3$/ha, reprezentând 40% din capacitatea solului neerodat.

Înrăutăţirea relaţiilor solului cu factorii de vegetaţie constituie unul din principalii factori ai diminuării producţiei pe solurile erodate, prin reducerea densităţii şi creşteri necorespunzătoare care oferă şi o slabă protecţie antierozională a solului.

Pe solurile erodate se reduc *viteza de infiltrare a apei în sol* şi *permeabilitatea*, fapt care determină creşterea *coeficientului de scurgere*.

Prin înrăutăţirea proprietăţilor hidrofizice şi creşterea valorii coeficientului de scurgere se constată o accentuarea a eroziunii şi a secetei solului.

Efectele dăunătoare ale secetei se accentuează şi mai mult în regiunile secetoase, prin faptul că solul reţine o cantitate mai mică de apă din precipitaţii, scade intervalul umidităţii active a apei pentru plante şi astfel se amplifică efectele dăunătoare ale secetei solului.

Din datele prezentate se constată că proprietăţile chimice ale solurilor erodate sunt mai puternic influenţate de eroziune decât cele fizice şi hidrofizice. De aceea pentru a obţine producţii corespunzătoare se impune ca pe solurile erodate să se aplice lucrări ameliorative care să conducă la îmbunătăţirea proprietăţilor chimice.

**c. Reducerea producţiilor agricole**

Micşorarea producţiei agricole apare ca o consecinţă normală a spălării substanţelor nutritive din sol, în special al azotului, al înrăutăţirii proprietăţilor fizice şi hidrofizice, accentuării lipsei de apă din sol.

Cercetările efectuate în ţară şi străinătate au ajuns la concluzia că indiferent de condiţiile de climă şi sol, *producţia scade pe terenurile erodate la toate culturile agricole* cu atât mai mult cu cât procesul de eroziune este mai avansat.

Unii cercetători (Bitiukov, Stallings) susţin că producţia se reduce direct proporţional cu grosimea orizontului de acumulare a humusului care a fost spălat. Ca urmare a acestui fapt, de multe ori, starea de eroziune a solului poate fi apreciată în funcţie de reducerea producţiei culturilor agricole. Pe terenurile erodate producţiile obţinute au fost cu până la 90% mai mici decât pe cele neafectate de eroziune, astfel:

- în Câmpia Transilvaniei, Iuraşcu a înregistrat diferenţe de producţie între terenurile neafectate de eroziune şi cele puternic erodate, de 950 Kg/ha la ovăz, 1220 Kg/ha la grâu, 1290 kg/ha la fasole, 1370 kg/ha la orz şi 2788 kg/ha la porumb;
- pe un sol de tip cernoziom levigat, Greta Popa semnalează că între solul moderat şi puternic erodat, diferenţele de producţie pot ajunge la 1500 kg/ha la grâu, 2100 kg/ha la porumb, 500 kg/ha la floarea-soarelui, 400 kg/ha la fasole, 900 kg/ha la mazăre şi 1950 kg/ha la fân.

Pe terenurile erodate, la grâu şi mazăre numărul de plante la hectar s-a diminuat cu 40%, înălţimea plantelor s-a redus la grâu cu 50 cm, la mazăre cu 30 cm, iar la porumb cu 83 cm.

Numărul şi mărimea spicelor, ştiuleţilor sau păstăilor, numărul de boabe pe plantă şi masa a 1000 boabe s-au redus cu până la 66%.

La reducerea cantităţii de humus cu 50% faţă de terenul neerodat producţia de grâu s-a redus cu 43-74%, iar la reducerea rezervelor de fosfor cu 50% producţia s-a micşorat cu 26-66%.

În cazul erodării solului până la baza orizontului A, pe cernoziomul slab levigat şi solul brun roşcat, sau până la jumătatea orizontului A/B pe celelalte soluri, producţia s-a redus cu 47-49% pe cernoziom, cu 54% pe solul cenuşiu de pădure şi cu 38% pe solul brun de pădure.

Pe terenurile excesiv erodate nu se obţine nici un fel de producţie, acestea fiind scoase complet din cultură.

O altă particularitate specifică este *nesiguranţa producţiei pe terenurile erodate*.

**d. Reducerea suprafeţei arabile** se produce prin suprafeţele ocupate de ogaşe, ravene, torenţi şi a suprafeţelor deja excesiv erodate.

**e. Distrugerea aşezărilor omeneşti**, a diferitelor construcţii, căi de comunicaţie a lucrărilor de îmbunătăţiri funciare, în special de torenţi şi ravene mari.

**f. Colmatarea lacurilor de acumulare -** prin fenomenul de eroziune se produc pagube extraordinar de mari economiei naţionale având în vedere valoarea deosebit de ridicată a investiţiilor care se fac cu realizarea acumulărilor, a pierderilor care rezultă prin reducerea capacităţii de înmagazinare, cu toate efectele indirecte legate de neasigurarea cu apă a diferitelor folosinţe şi beneficiari.

Colmatarea se produce în ritmuri diferite în funcţie de zona de amplasare a bazinelor hidrografice amonte de baraj, a răspândirii proceselor de eroziune din zona respectivă.

Ritmul cel mai lent de colmatare îl au lacurile de munte. Astfel, în perioada 1967-1979, acumulările Vidraru, Izvorul Muntelui-Bicaz, Poiana Ursului, au prezentat un ritm mediu de colmatare de sub 1% din capacitate, în timp ce unele acumulări situate în zona de dealuri au depăşit 10%.

Acumulările de pe Argeş, cu bazine de recpţie relativ mici, situate în zona dealurilor subcarpatice au avut un ritm mediu de colmatare de 9,5% Oeşti, 7,3% Cerbureni, 5,3% Curtea de Argeş, 14,5% Bascov, 19,8% Piteşti.

Aceste ritmuri ridicate de colmatare se datorează precipitaţiilor căzute în perioada 1970-1975, care au depăşit cu 30-50% precipitaţiile medii multianuale, perioadă în care şi încărcarea cu sedimente a depăşit cu 50% media multianuală.

**g. Îngreunarea exploatării terenurilor**

Eroziunea solului creează mari greutăţi la mecanizarea lucrărilor agricole, atunci când solul este brăzdat de ogaşe şi ravene. În cazul spălării orizonturilor superioare, apar la zi orizonturi cu o textură grea sau chiar roci tari care opun o rezisenţă mai mare lucrărilor agricole, fiind necesare utilaje pentru exploatarea terenului mai puternice.

**h. Înrăutăţirea regimului apelor de suprafaţă şi subterane**

Pe terenurile erodate bilanţul apei este modificat. Apa care înainte de declanşarea eroziunii, pe terenurile neerodate se infiltra în sol, unde era înmagazinată şi apoi pusă la

dispoziţia plantelor, după erodarea solului cea mai mare parte se scurge la suprafaţa solului, dislocând şi trasportând materialele erodate care acoperă culturile sau solurile fertile din luncile râurilor sau colmatatează iazurile şi lacurile de acumulare.

Se reduce astfel posibilitatea de alimentare continuă cu debite uniforme a cursurilor de apă, care primesc în schimb cantităţi mari de apă încărcată cu material solid în timpul viiturilor. Se modifică astfel caracterul hidrologic al râurilor, accentuându-se permanenet caracterul torenţial.

**i. Poluarea cursurilor de apă prin eroziune**

Peste 50% din sedimentele râurilor, cca. 4 miliarde tone/an, provin de pe tereneurile agricole. Sedimentele conţin cantităţi importante de N, P, K, erbicide, insectofungicide care stânjenesc dezvoltarea sau distrug flora şi fauna din râuri, atât chimic prin mărirea cantităţilor de electroliţi din apă cât şi fizic prin reducerea procentului de oxigen, reducând pătrunderea luminii în apă. Prin procesul de eroziune, o parte din pesticide ajung în râuri, lacuri şi o altă parte sunt depuse în zone depresionare poluând mediul ambiant. Controlul procesului de eroziune reprezintă şi un mijloc de protecţie a mediului înconjurător.

**j. Poluarea aerului prin eroziunea eoliană a solului**

Influenţa cea mai mare o are eroziunea eoliană atunci când datorită forţei vântului sunt antrenate particule fine de sol, care sunt transportate de cele mai multe ori la distanţe foarte mari. Din studiul prafului din atmosfera terestră a rezultat faptul că cele mai nocive sunt particulele sub 5 milimicroni.

Cantitatea de praf spulberată anual de pe suprafeţele agricole este de aproximativ 30 milioane tone. Aceste particule solide din atmosferă se încarcă prin condensare şi cu particule toxice, gaze lichide sau aerosoli (afluenţi - particule poluate depuse în aer şi provenite din îngrăşăminte sau pesticide) ceea ce determină o nocivitate mai accentuată a zonelor în care se depun aceste particule de praf.

Aşadar, poluarea solului înseamnă orice acţiune care produce dereglarea funcţionării normale a solului ca mediu de viaţă în cadrul ecosistemelor naturale sau create de om - dereglare care poate fi fizică, chimică sau biologică şi care, afectează negativ (cantitativ şi calitativ) fertilitatea sau capacitatea sa bioproductivă.

Solul este un factor regenerabil care nu se uzează, nu se epuizează şi nu se degradează dacă este utilizat raţional. Dacă este întreţinut corespunzător, capacitatea lui de a produce recolte (fertilitatea) sporeşte de la an la an, însă dacă nu este întreţinut corespunzător el se poate degrada progresiv, uneori chiar foarte repede şi poate trece la neproductiv şi chiar la formă de deşert.

### 3.1.2. Mecanismul procesului de eroziune

Sub acţiunea combinată a picăturilor de ploaie şi a scurgerii, apa provoacă eroziunea solului în două faze: în prima fază desprinde particulele din masa solului, iar în a doua fază sunt transportate de apă la diferite distanţe, în funcţie de condiţiile locale.

La acţiunea de dezagregare a particulelor de sol mai contribuie şi alţi factori, ca: îngheţul şi dezgheţul, umecatarea şi uscarea solului, greutatea solului, schimbările bruşte de temperatură etc.

Transportul particulelor desprinse din sol este provocat de apa de scurgere, care în funcţie de intensitatea ploii şi pantei se transformă în şuvoaie cu debite şi viteze tot mai mari, a căror energie cinetică amplifică fenomenul de eroziune care se poate dezvolta pe toată suprafaţa solului considerat. Avem în acest caz de-a face cu o ***eroziune în suprafaţă***. Fenomenul de eroziune se poate concentra însă în anumite porţiuni ale terenului, limitate la liniile de concentrare a scurgerii, dând naştere astfel la ***eroziunea în adâncime***, care modifică reţeaua hidrografică.

1) **Eroziunea în suprafaţă** se caracteriează prin aceea că materialul dislocat de eroziunea hidrică este transportat în stare dispersă fie prin aer datorită ”împroşcării” produse de căderea picăturilor de apă ( fig.3.1.), fie la suprafaţa solului, prin firişoare de apă sau mici şuvoaie care formează rigole mici nestabile.

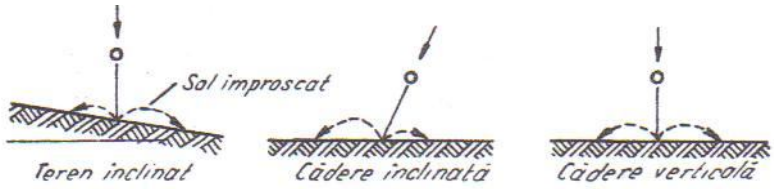



Fig.3.1. Deplasarea stropilor de ploaie la impactul cu suprafaţa solului

*Şuvoaiele* ce se formează după o ploaie pe terenurile proaspăt lucrate constituie forma iniţială a eroziunii solului. Ele au adâncimea de 1-5 cm şi sunt repartizate uniform pe suprafaţa solului. Rigolele apar datorită ploilor torenţiale şi au adâncimea de 15 – 20 cm fiind repartizate mai puţin uniform.

*Eroziunea pe hardpan*, după Moţoc (1978), constă în îndepărtarea solului proaspăt lucrat până la talpa plugului, pe lăţimi de 1-3 m, dezrădăcinând deci masiv plantele.

Formele de eroziune arătate au o mică adâncime şi nu sunt permanente. Datorită lucrărilor curente: arat, prăşit, cultivat etc., terenul se uniformizează, dar datorită eroziunii, grosimea orizontului cu humus se micşorează treptat şi duce la înlăturarea completă a solului arabil şi la apariţia la suprafaţă a rocii.

**2) Eroziunea în adâncime** se caracterizează prin aceea că formele ei au adâncimi mai mari decât ale eroziunii de suprafaţă şi au un caracter permanent. Formele eroziunii de adâncime pot fi independente sau suprapuse pe reţeaua hidrografică.

Kosmenko, citat de Moţoc (1978), deosebeşte patru forme ale elementelor reţelei hidrografice rezultate prin eroziune normală, şi anume: *văiuga*, care are versanţii lini şi o suprafaţă a bazinului de recepţie de 100 – 150 ha, *viroaga*, care are suprafaţa bazinului de recepţie de 1000 – 1500 ha şi, în sfârşit, *valea*, cu bazinul de recepţie de 3000 – 5000 ha. În ceea ce priveşte clasificarea formelor eroziunii accelerate de adâncime, aceasta poate fi făcută din mai multe puncte de vedere: după formele de dezvoltare, după intensitatea proceselor de erodare, după poziţia faţă de formele vechi ale eroziunii normale, după poziţia faţă de relief, precum şi după criteriile hidrologie.

După formele de dezvoltare se deosebesc: rigola, ogaşul, ravena şi torentul.

*Rigola* are fundul paralel cu suprafaţa terenului şi adâncimea de 20-50 cm.

*Ogaşul* este o formă mai avansată, cu dimensiuni mai mari, adâncimea de 0,5-2 m şi lăţimea de 0,5 – 8 m. Fundul ogaşului este paralele cu suprafaţa terenului şi, în general, dispus după linia de cea mai mare pantă.

*Ravena* constituie o formă şi mai avansată, având adâncimea de la 2 la 20 m, şi lîţimea cuprinsă între 8 şi 50 m. Fundul ravenelor nu mai este paralel cu suprafaţa terenului pe care se dezvoltă fiind, în general, în trepte, datorită alternanţei rocilor cu coeziuni diferite. Ravenele, prin marile cantităţi de apă şi sol pe care le colectează, precum şi prin marile suprafeţe pe care le ocupă, constituie un mare pericol pentru agricultură, pentru căile de comunicaţii, aşezări omeneşti. Ravena poate evolua, în timp, către torent, dacă nu se aplică măsuri de combatere.

*Torentul* constituie faza cea mai înaintată a eroziunii în adâncime, dimensiunile lui depăşind pe cele ale ravenei.

Torentul este un curs de apă cu pante repezi şi neregulate, sec în cea mai mare parte a anului, dar cu viituri violente şi de scurtă durată, datorită ploilor mari sau topirii zăpezilor; are o putere foarte mare de eroziune şi transport de materiale; produce pagube foarte mari.

O viitură este torenţială atunci când apa ei conţine peste 50 kg/m$^3$ aluvini. Stingerea torenţilor cere lucrări de durată ce trebuuie să îmbrace întreg bazinul lor de colectare.

Torentul se compune din trei părţi distincte, şi anume: bazinul de colectare, canalul de scurgere şi conul de dejecţie.

### 3.1.3. Definirea procesului de eroziune

*Eroziunea solului* reprezintă procesul de *desprindere, antrenare, transport şi depunere a particulelor de sol sau rocă* la distanţe mari în raport cu locul lor de origine. O mare parte din aceste particule prin procesul de antrenare ajung în final în râuri, fluvii, mări şi oceane. Procesul de eroziune se produce sub influenţa a doi agenţi principali în mişcare – *apa şi aerul* – a căror surse cinetice inepuizabile constau în energie radiaţiei solare şi în energia gravitaţională.

Prin eroziunea hidrică sau eoliană se pierde un strat superficial de sol care determină treptat subţierea stratului activ de sol, sau chiar dispariţia completă a profilului solului. În funcţie de intensitatea de manifestare a celor doi agenţi sunt antrenate orizonturile superioare ale solului, bogate în humus şi elemente nutritive şi pot fi scoate la suprafaţă orizonturi din subsolul profilului, mult mai puţin fertile sau straturi de rocă nefertile. Modificarea profilului de sol în raport cu caracteristicile sale, determină degradarea stării de fertilitate a solului şi deci scăderea producţiei terenurilor agricole.

Eroziunea nu dăunează utilizării agricole a terenurilor în pantă, ea este considerată admisibilă, deoarece ritmul cu care ea se produce corespunde în general cu ritmul de refacere a solului. Limitele la care eroziunea poate fi considerată ca admisibilă sunt diferite, ele variază în funcţie de zona terestră; astfel, în 1971, Hudson stabileşte această limită între 0,4 – 15 t/ha/an , iar M.Moţoc (1963) consideră că limita admisibilă pentru condiţiile din ţara noastră este de 5 – 6 t/ha/an.

Dacă prin diverse metode de cercetare se apreciază că eroziunea a depăşit limita maximă, se impun aplicarea de măsuri corespunzătoare pentru stoparea şi combaterea acestui fenomen de degradare a solurilor. Trebuie avut însă în vedere faptul că prin aplicarea unor măsuri limitate la suprafeţe mici (un versant, o tarla) rezolvarea acestor probleme nu poate avea decât efecte parţiale şi de scurtă durată. De aceea, se recomandă ca măsurile să se aplice pe bazine de recepţie şi pe întreaga suprafaţă, deoarece în acest mod efectele nu se limitează numai la reducerea eroziunii ci influenţează în mare măsură lucrările de combatere a altor fenomene cum ar fi: inundaţiile, colmatarea lacurilor, etc.

În funcţie de condiţiile naturale şi tehnico-economice în raport cu efectele ameliorative se stabileşte şi modul de folosinţă al terenului care trebuie să fie adecvat la noile condiţii de utilizare a terenurilor agricole, precum şi la caracteristicile lucrărilor executate.

În prevenirea şi combaterea eroziunii solului pe terenurile arabile se folosesc următoarele măsuri şi lucrări:

- măsuri de protecţie a solului, care se realizează prin folosirea de culturi ce acoperă cât mai bine solul (ierburi perene, cereale păioase), mulcirea solului (cu diverse resturi vegetale, materiale sau substanţe speciale), agrotehnică antierozională, nivelări;
- lucrări de amenajare a versanţilor ce urmăresc reducerea pantei longitudinale (valuri de pământ, canale de coastă, terase);
- lucrări de dirijare a scurgerii pe versanţi prin colectarea apei în canale sau valuri înclinate şi evacuarea ei într-un emisar natural apropiat prin debuşee;
- lucrări de combaterea eroziunii în adâncime care se realizează prin lucrări de reţinere şi evacuare a apei în exces din bazinele de recepţie, lucrări la vârful ravenelor, lucrări pe fundul canalului de scurgere, de consolidare a malurilor şi de regularizare a scurgerii la conul de dejecţie.

Lucrările de protecţia solului sunt relativ simple şi uşor de realizat însă pentru a fi aplicate este necesar un proiect de organizare raţională a teritoriului prin care se stabileşte întreaga gamă de măsuri necesare şi eşalonarea lor în timp după criterii tehnico-economice.

### 3.1.4. Clasificarea eroziunii solului

**Clasificarea eroziunii** se face în scopul cunoaşterii agenţilor, a mecanismelor, factorilor, consecinţelor eroziunii solului şi măsurilor antierozionale specifice. Cele 5 criterii de clasificare se prezintă în cele ce urmează:

1. **Din punct de vedere istoric**, eroziunea se împarte în eroziune geologică veche, normală sau naturală şi eroziune geologică actuală.

*Eroziunea geologică veche* a acţionat în decursul epocilor geologice şi ea a contribuit la formarea actualelor forme de relief şi a reţelei hidrografice. A apărut ca urmare a modificărilor scoarţei terestre, datorită numeroaselor schimbări ale nivelelor de bază ale mărilor şi oceanelor, climei, mişcărilor tectonice etc.

*Eroziunea geologică actuală*, cunoscută şi sub numele de naturală sau normală, a apărut în actualele condiţii climatice şi se desfăşoară şi în prezent în zonele în care nu s-au schimbat condiţiile naturale. Se produce sub acţiunea apei, vântului, gravitaţiei şi gheţarilor. Procesul se desfăşoară lent, fiind perceptibil într-o perioadă îndelungată de timp, fără a provoca modificări importante în morfologia profilului de sol.

2. În funcţie de **intensitate şi ritm de desfăşurare**, în prezent, în afară de *eroziunea normală*, *lentă* sau *tolerabilă*, se desfăşoară cu o intensitate amplificată şi un ritm rapid, o nouă formă de eroziune, *eroziunea accelerată sau antropică.* Această formă de eroziune are ca principală caracteristică disproporţia dintre volumul de sol erodat anual care depăşeşte volumul de sol care se reface.

*Eroziunea accelerată* a apărut odată cu schimbările în natura covorului vegetal sub acţiunea omului, prin intervenţia acestuia tot mai agresivă în ecosistemele naturale. Se numeşte *antropică* datorită faptului că a fost declanşată de om, care a contribuit şi la amplificarea intensităţii printr-o serie de acţiuni nechibzuite dintre care:

- extinderea necontrolată a suprafeţelor arabile pe terenurile în pantă fără măsuri de prevenire;
- defrişarea pădurilor şi desţelenirea pajiştilor;
- efectuarea lucrărilor agricole pe linia de cea mai mare pantă;
- păşunatul neraţional.

Aceste acţiuni au favorizat ca apa provenită din ploi torenţiale şi topirea zăpezilor să se scurgă pe versanţi nestingherită, cu viteze şi debite din ce în ce mai mari, dislocând şi transportând cantităţi sporite de sol şi elemente fertilizante.

Eroziunea accelerată se grefează pe formele de relief rezultate în urma eroziunii geologice şi îşi aduce contribuţia la modelarea continuă a reliefului.

3. În funcţie de **agentul** care o produce, eroziunea se clasifică în
   - *eroziunea prin apă, pluvială sau hidrică*;
   - *eroziunea prin vânt sau eoliană*.
4. Din punct de vedere **al modului în care este îndepărtat solul**, se disting:
   - *eroziunea de suprafaţă*, numită şi plana sau difuză, se manifestă pe zone oarecum plane ale versanţilor, ca urmare a scurgerii disperse (difuze);
   - *eroziunea de adâncime*, numită şi liniară sau torenţială, se produce pe direcţii de concentrare a apelor de scurgere.
5. După **modul de manifestare şi specificul consecinţelor asupra solului şi terenului,** eroziunea accelerată se clasifică în:
   - eroziune prin picături sau impact;
   - eroziunea prin scurgere care se poate subâmpărţi în:

- eroziune de suprafaţă sau plană;
- eroziune prin şiroire;
- eroziune în adâncime sau prin ravinare.

- eroziuni speciale:
  - eroziunea prin irigaţie neraţională;
  - eroziunea prin valuri, care acţionează asupra malurilor râurilor şi fluviilor, falezelor mărilor şi oceanelor, taluzurilor;
  - eroziunea glacială sau prin gheţari, care în mişcare produc o frecare ce macină în permanenţă patul de rocă pe care alunecă.

*Eroziunea de suprafaţă* are loc sub acţiunea destructivă a picăturilor de ploaie şi/sau a scurgerii dispersate, laminare sau sub formă de firişoare sau şuvoaie mici. Picăturile de apă şi scurgerea disperssată sub forma unui strat uniform de apă, acţionând pe suprafaţa versanţilor pe care cad precipitaţiile, produc o erodare destul de uniformă a solului, care devine evidentă şi pentru nespecialişti atunci când se ajunge la orizonturile inferioare ale solului observabile datorită unor culori diferite faţă de orizontul superior.

Eroziunea de suprafaţă este foarte dăunătoare deoarece contribuie la înlaturarea orizonturilor superioare ale solului, orizonturi în care se află acumulate humusul şi substanţele nutritive, unde are loc o intensă activitate microbiologică. În orizonturile superioare sunt cele mai favorabile proprietăţi fizice şi hidrofizice pentru dezvoltarea corespunzătoare a plantelor cultivate însă datorită faptului că acest proces de degradre se observă mai greu, efectul ei se resimte în special în urma producţiilor mici obţinute şi de cele mai multe ori producţiile reduse se atribuie altor cauze.

O clasificare a eroziunii de suprafaţă în funcţie de volumul de sol erodat (după Zachar D.) se prezintă în următoarele clase, tabelul nr.3.1.

Tabelul nr.3.1.

Clasificarea eroziunii în funcţie de solul erodat

| Clasa de eroziune | Sol erodat $m^3$/ha/an | Înălţimea stratului erodat, mm/an |
|---|---|---|
| - eroziune neapreciabilă | <0,5 | <0,05 |
| - eroziune slabă | 0,5-5 | 0,05-0,5 |
| - eroziune moderată | 5,0-15 | 0,5-1,5 |
| - eroziune puternică | 15-50 | 1,5-5,0 |
| - eroziune foarte puternică/excesivă | 50-200 | 5,0-20 |
| - eroziune catastrofică | >200 | >200 |

### 3.1.5. Factorii favorizanţi ai eroziunii solului

Eroziunea solului este influenţată de o serie de factori naturali şi antropici, a căror cunoaştere uşurează înţelegerea mecanismului eroziunii solului şi permite stabilirea pe baze ştiinţifice a măsurilor de prevenire şi combatere.

Factorii care determină apariţia eroziunii solului sunt precipitaţiile şi activitatea nechibzuită a omului, iar factorii favorizanţi, care condiţionează intensitatea fenomenului de eroziune sunt relieful, solul şi roca, în timp ce vegetaţia frânează procesul de eroziune.

În general, cea mai mare parte a acestor factori acţionează simultan condiţionându-se reciproc, sporind sau diminuând intensitatea fenomenului erozional. Astfel, agresivitatea erozională a precipitaţiilor este condiţionată de elemente de relief care pot mări sau micşora viteza de scurgere a apei pe versanţi, în timp ce solul, prin viteza de infiltraţie a apei în sol reduce volumul de apă de scurgere, iar textura influenţează gradul de dispersie, desprindere şi şi transport a particulelor de sol. Pe de altă parte, omul, prin acţiunile întreprinse, poate contribui hotărâtor la modificarea raporturilor de intercondiţionare a factorilor naturali. În aceleaşi condiţii naturale omul poate stăvili eroziunea prin măsuri

antierozionale sau o poate declanşa şi intensifica prin defrişări, desţeleniri şi lucrări neraţionale ale solului etc.

1. **Precipitaţiile.** Dintre factorii naturali precipitaţiile reprezintă factorul cel mai dinamic şi mai agresiv, reprezentând agentul cauzal al eroziunii hidrice. Precipitaţiile influenţează scurgerea şi eroziunea prin gradul de torenţialitate, respectiv intensitate, durată, poziţia nucleului torenţial şi perioada în care cad.

Forţa cu care cade o ploaie determină o anumită intensitate a eroziunii şi poartă numele de *erozivitate* sau *agresivitate pluvială*.

Agresivitatea pluvială caracterizează potenţialul eroziv al ploii, potenţial care este dat de energia de impact a picăturilor de ploaie şi energia de transport a scurgerii de suprafaţă. Potenţialul eroziv al ploilor torenţiale este influenţat de intensitatea ploii, în special de durată, mărimea şi poziţia nucleului torenţial maxim. Generează scurgeri ploile care depăşesc intensitatea de 0,5 mm/min şi cele a căror înălţime depăşeşte 10 mm. În tabelul nr.3.2. se prezintă relaţia dintre durata şi intensitatea ploilor torenţiale.

Tabelul nr.3.2.

**Stabilirea ploilor torenţiale în funcţie de durata ploii (minute) şi intensitate (mm/min)**

| Durata (min) | 1-5 | 6-15 | 16-30 | 31-45 | 46-60 | 61-120 | 121-180 | >180 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Intensitatea (mm/min) | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |

Tipul ploii torenţiale influenţează eroziunea prin poziţia nucleului torenţial. Produc scurgeri mari şi eroziuni mai puternice ploile torenţiale care au nucleul torenţial la sfârşitul şi mijlocul ploii. Cercetările efectuate au arătat că energia de dispersie şi antrenare a particulelor de sol a fost de 12 mai mare la ploile cu nucleul torenţial la mijlocul ploii căzute pe un sol uscat. Pe solul umectat dau eroziuni puternice şi ploile cu nucleul torenţial la începutul ploii. În Podişul central Moldovenesc, 52% din ploi au intensitatea cuprinsă între 0,5 şi l mm/min., iar dintre acestea 46% au intensitatea maximă la mijlocul şi sfârşitul ploii. Energia cinetică a precipitaţiilor, respectiv erozivitatea, depinde şi de caracterul picăturilor de ploaie. Diametrul picăturilor creşte odată cu intensitatea ploii, putând ajunge la un diametru de 6-8 mm, simultan cu diametrul crescând şi viteza limită (terminală) de cădere a precipitaţiilor (tabelul nr.3.3.).

Tabelul nr.3.3.

Viteza limită de cădere a picăturilor de ploaie în atmosfera calmă (după Gunn, Knizer şi Laws)

| Diametrul picăturii (mm) | 0,5 | 1,0 | 2,0 | 3,0 | 4,0 | 5,0 | 6,0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Viteza limită (m/s) | 2,1 | 4,0 | 6,6 | 8,1 | 8,8 | 9,1 | 9,2 |

De regulă, picăturile cu diametrul mai mare de 5-6 mm, sub acţiunea curenţilor de aer se fracţionează, în picături cu diametre mai mici, care au formă sferică.

Diametrul picăturilor (**d**), în funcţie de intensitatea ploii (I), se poate estima cu relaţia:

$$d=I^{0,25}$$

***Repartizarea sezonieră*** a ploilor torenţiale – sezonul critic influenţează cantitatea de sol erodată.

***Sezonul critic***, în care pericolul eroziunii este maxim, la noi în ţară este cuprins în intervalul aprilie-august, deoarece în perioada de vară cad 70% din ploile torenţiale, primăvara 19%, toamna 6% şi iarna 1%. Cu toate acestea, pierderi mari de sol se pot înregistra şi în luna februarie când temperaturile diurne sunt ridicate şi ploile torenţiale găsesc solul dezgheţat. În luna iulie se înregistrează de obicei cele mai mari scurgeri, iar pierderile maxime de sol au loc în luna august, după recoltarea cerealelor păioase, pe terenurile proaspăt arate. De aceea se recomandă ca arătura să se facă numai pe suprafeţele

ce urmează a se însămânţa toamna; pe restul suprafeţelor arătura trebuie efectuată mai târziu.

***Indicele de erozivitate-indexul ploii***- Cercetătorul american Wischmeier W. H. a stabilit un parametru prin intermadiul căruia se poate cuantifica forţa erozivă a oricărei ploi, datorată atât impactului dat de picături cât şi scurgerii de suprafaţă, parametru care a fost denumit *indice de erozivitate* al ploii (**Ie**). După Wischmeier cea mai reprezentativă forţă erozivă a unei ploi date, pe un teren neprotejat şi necultivat, este produsul energiei sale cinetice (în jouli pe mm de ploaie căzută pe un metru pătrat) cu intensitatea sa maximă (mm/oră) în timp de 30 minute.

$$\mathbf{I_e = E_c \times I_{30}}$$

în care:

$\mathbf{I_e}$ – indicele de erozivitate al ploii;

$E_c$ – energia cinetică totală a ploii, care include atât energia cinetică a picăturilor de ploaie cât şi energia de scurgere a apei pe versanţi;

$\mathbf{I_{30}}$ – intensitatea medie pe 30 de minute a nucleului torenţial maxim, în **mm/oră**.

Suma indicatorilor $\mathbf{I_e}$ **,** calculaţi pentru ploile dintr-un an, reprezintă indexul ploii care caracterizează agresivitatea pluvială a aunui anumit teritoriu pentru anul considerat.

Pornind de la modelul propus de Wischmeier, Stănescu P., 1969, prin prelucrarea pluviogramelor a 5534 ploi torenţiale de la 40 staţii meteorologice, pe o perioadă de 10 ani, a propus ca pentru ţara noastră agresivitatea pluvială să se determine prin suma indicatorilor rezultaţi din produsul dintre intensitatea medie pe 15 minute torenţial şi rădăcina pătrată a cantităţii de precipitaţii înregistrată pe durata ploii:

$$\mathbf{I_p = I_{15} \times P^{0,5}}$$

în care:

$\mathbf{I_p}$ – indicatorul de agresivitate pluvială a unei ploi;

$\mathbf{I_{15}}$ **-** intensitatea medie a nucleului torenţial cu durata de 15 minute, în mm/min;

**P -** cantitatea de apă înregistrată pe durata ploii, în mm.

În România, agresivitatea pluvială cea mai mare se înregistrează în zona Carpaţilor (0,15 – 0,16) şi a delurilor Subcarpatice (0,14) şi cea mai redusă în Câmpia de Vest, (0,08).

Deşi ploile torenţiale au rol hotărâtor în procesul de eroziune nu trebuie să se neglijeze nici acţiunea erozivă a ploilor de durată mare şi intensitatea redusă, deoarece acţionând pe un sol saturat cu apă antrenează mari cantităţi de sol din orizontul superior al solului.

**Zăpada,** în condiţiile topirii rapide în primăvară, îndeosebi când se produce în condiţiile solului îngheţat în profunzime sau saturat cu apă contribuie la eroziunea solului, deşi eroziunea produsă prin scurgerile rezultate din topirea zăpezii reprezintă numai circa 10% din eroziunea totală, la un grad de încărcare a scurgerilor cu sol de numai 2-10g/l, faţă de 50-100g/l în cazul ploilor torenţiale.

**2. Relieful,** prin tip şi gradul de frământare, prin caracteristicile morfometrice ale versanţilor, influenţează eroziunea într-o măsura mai mare sau mai mică în funcţie de caracteristicile reliefului care influenţează energia cinetică a apei din precipitaţii:

- pantă,
- lungimea,
- forma versantului.

***Panta, lungimea şi forma versaţilor*** influenţând viteza de scurgere a apei amplifică energia cinetică şi astfel creşte capacitatea de erodare a solului de către apa care se scurge pe feţele versanţilor

Din formula vitezei lui Chezy ($V C\sqrt{RI}$ ), rezultă ca la o creştere a pantei de 4 ori, viteza apei se dubleaza iar energia cinetica a curentului se majoreaza de 4 ori.

Datele experimentale au arătat că pe un teren cultivat cu porumb, la o creştere a pantei de 3

ori, de la 6 la 18%, la aceeaşi intensitate a ploii de 2 mm/min, cantitatea de sol erodat a crescut de 5,7 ori.

Lungimea versantului influenţează atât viteza cât şi debitul cu care se scurge apa, aceste elemente hidraulice ale scurgerii cresc din zona amonte către baza versantului şi astfel creşte şi forta de eroziunea apei. Spre exemplificare, în tabelul nr.3.4. se prezintă pierderile de sol în funcţie de pantă şi lungimea versantului obţinute în cercetarile efectuate la Valea Călugărească în plantaţiile de viţă de vie, fără măsuri de conservare a solului.

Tabelul nr.3.4

Pierderile de sol (t/ha) înfuncţie de pantă şi lungimea versantului în plantaţii de vie

| Panta % | Lungimea versantului, în metri | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2o | 5o | 1oo | 2oo | 3oo |
| 5-1o | 5,5 | 21,7 | 61,6 | 174,2 | 32o,1 |
| 1o-15 | 7,7 | 3o,3 | 85,7 | 242,7 | 445,1 |
| 15-25 | 12,6 | 49,7 | 14o,7 | 398,1 | 731,2 |
| 25-35 | 23,1 | 91,5 | 258,8 | 731,9 | 1344,8 |

Pierderile de sol crescând cu panta şi lungimea versantului, în cadrul lucrărilor antierozionale se urmăreşte: reducerea pantei (prin terasări), reducerea lungimii scurgerii (prin lucrări de reţinere a apei), şi una şi alta.

Pe de altă parte, constatând că eroziunea nu se produce în vecinătatea cumpenei apelor, ci de la o anumită distanţă, la care viteza inregistrează o valoare critică, s-a introdus noţiunea *de distanţă critică de eroziune* sau *distanţă limită de neeroziune,* în funcţie de care se stabilesc distanţele între lucrările de reţinere a apei (valuri, canale de coastă de nivel) precum şi lăţimea fâşiilor şi distanţa dintre benzile înierbate.

***Forma versantului***. În funcţie de forma în profil transversal, versanţii se clasifică în versanţi:

- drepţi - cu aproximativ aceeaşi pantă pe toata lungimea;
- concavi - la care linia profilului prezintă curbura sub linia dreaptă a pantei;
- convecşi - care prezintă o curbură deasupra liniei drepte a pantei;
- cu forme complexe (fig.3.2.).

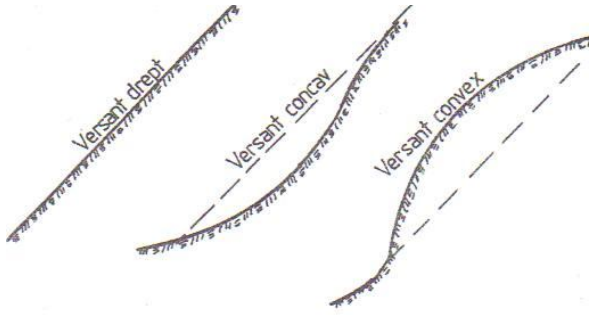



Fig.3.2. Forma versanţilor

Versanţii convecşi au pantă maximă în treimea inferioară, iar cei concavi în treimea superioară şi panta minimă în treimea inferioară. În funcţie de valoarea maxima a pantei şi zona în care se situează, potenţialul eroziv va fi diferit de-a lungul versantului. Astfel, versanţii cu profil convex sunt cei mai erodati deoarece panta creşte spre baza versantului, eroziunea maximă înregistrandu-se în treimea inferioară. În cazul versanţilor concavi, panta minimă se inregistrează în treimea inferioară şi odată cu aceasta şi eroziunea minimă. Pornind de la aceste constatări, Poleakov şi Lopatin, considerand indicele de erodare a versanţilor drepţi egal cu 1, au stabilit pentru versanţi convecşi valoarea de 1,25-1,50, iar pentru cei concavi 0,50-0,75.

***Sub aspectul expoziţiei,*** versanţii însoriţi, cu expoziţie S şi SV, datorită condiţiilor mai puţin favorabile de dezvoltare a vegetaţiei, a unui conţinut mai redus de materie organică, de umiditate, sunt mai expuşi fenomenului de eroziune. Agregatele mai uscate au o coeziune mai slabă, fiind mai uşor dislocate. Pe de altă parte, dezgheţul şi topirea zapezilor se fac într-un timp mai scurt pe versanţi sudici, constituind alte elemente care accentueaza eroziunea.

Se estimeaza că versanţii sudici şi vestici sunt cu 30 - 40% mai erodaţi decat cei cu expoziţie nordică (Baloiu V., Ionescu V.).

**3. Solul.** Eroziunea solului se manifestă, în aceleaşi condiţii naturale climatice şi de relief, cu intensitate mai mare sau mai mica pe diferite tipuri de sol, reliefând în felul acesta influenţa solului asupra procesului erozional.

**Erodabilitatea** unui sol reprezintă un indicator prin intermediul căruia se, defineşte vulnerabilitatea unui anumit tip de sol faţă de agentul eroziv apa, sau uşurinţa unui so1 de a fi erodat.

Rezistenţa la eroziune a unui sol este influenţata de insuşirile fizice, hidrofizice, biologice şi chimice.

Proprietăţile unui sol care influenţează erodabilitatea pot fi grupate în proprietăţi care influenţează infiltraţia şi permeabilitatea şi proprietăţi care influenţează rezistenţa la impact, dispersie, la forţa de transport a ploii şi la scurgerile concentrate.

Erodabilitatea solurilor este influenţată de textura solului, structura şi stabilitatea hidrica a acesteia, conţinutul în humus viteza de infiltraţie, gradul de tasare şi eroziune etc. Sunt considerate rezistente la eroziune:

- solurile cu un conţinut ridicat de humus şi carbonat de calciu;
- solurile cu textura mijlocie, lutoase şi luto-nisipoase, bine structurate, cu o stare de afânare mijlocie;
- cu o viteză de infiltraţie şi permeabilitate bune;
- cu o activitate microbiologica ridicată.

Aceste proprietăţi asigură agregatelor de sol o rezistenţă mai mare în procesul de dezagregare şi transport, sporesc cantitatea de apă reţinută şi cea care se infiltrează în sol, reducand în mod corespunzator volumul scurgerilor de la suprafaţă versanţilor şi implicit forţa de eroziune.

Erodabilitatea solurilor diferă nu numai de la un tip genetic la altul ci şi de la un orizont la altul. Astfel, solurilor bălane şi cernoziomurile au o erodabilitate mai redusă în orizontul superior de acumulare a humusului şi mai mare în cele inferioare, în timp ce solurile brune luvice şi luvisolurile albice sunt mai uşor erodate în orizontul superior al profilului de sol.

4**. Vegetaţia**. Vegetaţia are un rol deosebit de important în prevenirea, diminuarea eroziunii solului şi ameliorarea solurilor erodate, constituind un scut protector al solului împotriva eroziunii, un factor important de frânare a acestui proces.

Vegetaţia influenţează procesul de eroziune prin: tipul de vegetaţie, compoziţia floristică a pajiştilor naturale, gradul şi perioada de acoperire a solului, puterea de refacere, dezvoltarea sistemului radicular.

Vegetaţia işi manifestă funcţia antierozională prin:

- interceptarea picaturilor de ploaie şi preluarea unei importante părţi din energia cinetică a acestora;
- reţinerea pe aparatul foliar şi cedarea ulterioară lentă a o parte din apa reţinută din precipitaţii; .
- reducerea vitezei de scurgere a apei pe suprafaţa versanţilor prin rugozitatea pe care o produc tulpinile plantelor şi resturile vegetale;
- îmbunătăţirea structurii şi porozitaţii solului, proprietăţi care măresc viteza de infiltrare a apei în sol;
- prevenirea formării crustei pe solurile cu un conţinut mai ridicat de argilă;

- fixarea solului de către sistemul radicular;
- favorizarea unei activitaţi mai susţinute a microorganismelor din sol;
- reducerea umidităţii solului datorată consumului de apă de către,
- plante, favorizând în felul acesta infiltraţia apei în sol.

Cu privire la tipul de vegetaţie, trebuie subliniat rolul mai complex şi în acelaşi timp mai eficace în reducerea scurgerii şi frânarea eroziunii pe care îl are vegetaţia lemnoasă - pădurea, prin reglarea regimului hidrologic al scurgerii lichide şi solide.

Reţinerea apei din precipitaţii de către coronamentul arborilor este mai mare decat a pajiştilor naturale datorită suprafeţei mai mari a frunzelor arborilor suprapuse pe mai multe planuri. Pe de altă parte, litiera care se formează în pădurile încheiate reţine o cantitate de apă de câteva ori mai mare decat greutatea proprie. Reţinerea apei pe *frunte* şi de către litieră, la o ploaie de 10-30mm poate ajunge la 40 - 60, reducându-se în mod corespunzator coeficientul de scurgere.

Coeficientul de scurgere generat de o ploaie de 75 mm, înregistrat într-o pădure de 60 - 80 ani, bine încheiată, a fost de numai 0,25- 0,30, în timp ce pe păşune a crescut la 0,50, iar pe un teren degradat a ajuns la câte 0,77 - 0,85 (Gaspar,1988, Abagiu,1973). O pădure de fag cu consistenţă de 0,8, cu litieră, a redus eroziunea de 8o de ori în comparaţie cu terenul descoperit. Pădurea, prin cedarea lentă a apei reţinute, prelungeşte durata scurgerii, împiedică formarea torenţilor şi diminuează caracterul torenţial al cursurilor de apă.

Un rol protector însemnat în protecţia antierozională a solului îl asigură şi ierburile perene, care dispersează picăturile de ploaie, le reduce energia cinetică împiedicând desprinderea şi formarea crustei. Scurgerea pe terenurile înierbate este dispersată, viteza de scurgere este mică şi astfel se reduce capacitatea de desprindere a, particulelor de sol şi de transport a apei scurse.

Pe terenurile arabile, plantele cultivate asigura solului o protecţie diferenţiată împotriva eroziunii, în funcţie de particularităţile biologice, de stadiul de dezvoltare, de perioada de vegetatie şi de tehnologia de cultură.

După gradul de protecţie, culturile agricole se clasifică în:

- *culturi foarte bune protectoare*, cu un grad de acoperire a solului de peste 75%, clasa în care intră lucerna, trifoiul şi sparceta din al doilea an;
- *culturi bune protectoare*, cu un grad de acoperire de 50 - 75%, c1asa în care intră cerealele păioase, inul, dughia, meiul, iarba de Sudan;
- *culturi mediu protectoare*, cu un grad de acoperire de 25 - 50% în care intră: mazărea, măzărichea, fasolea, soia, năutul, bobul;
- *culturi slab protectoare*, cu un grad de acoperire sub 25% - în care intră cartoful, porumbul, floarea-soarelui, sfecla. În tabelul 3.5. se prezintă gradul de protecţie al diferitelor culturi pe categorii de pantă, datele evidenţiind atât influenţa culturii cât şi a pantei terenului.

Tabelul nr.3.5.

Cantitatea de sol erodat în funcţiede cultura şi pantă,
în t/ha an – Staţiunea Perieni. (Popa A. şi colab. 1984)

| Cultura | Pantă versantului 16% | | Pantă versantului 24% | |
|---|---|---|---|---|
| | Sol erodat | % | Sol erodat | % |
| Ierburi perene | 0,5 | 1,5 | 1,2 | 1,5 |
| Grâu | 4,0 | 12,3 | 10,0 | 13,7 |
| Mazare | 7,0 | 27,5 | 14,0 | 19,3 |
| Porumb | 32,5 | 1oo | 72,5 | 100 |

**5. Factorii social - economici (antropici)**

Odată cu luarea în cultură a terenurilor, cu extinderea culturilor pe terenurile în

pantă, cu dorinţa de a obţine producţii din ce în ce mai mari, omul a intervenit tot mai agresiv în ecosistemele agricole, distrugând de cele mai multe ori echilibrul stabilit în decursul timpului, creând condiţii favorabile degradării terenurilor prin procesul de eroziune, amplificând factorii erozionali, transformând unele regiuni din zone înfloritoare în adevarate deşerturi.

Omul a contribuit la declanşarea eroziunii accelerate prin incendierea pădurilor, defrişări neraţionale, desţelenire pajiştilor naturale, păşunat, abuziv, luarea în cultură a versanţilor cu pante mari fără a se prevedea lucrări de protecţia solului, prin lucrări necorespunzătoare ale solului şi un sortiment de culturi neadecvat.

În România, accelerarea fenomenului de eroziune s-a declanşat după încheierea tratatului de la Adrianopol din 1829, prin care s-a desfiinţat monopolul comercial al Imperiului Otoman cu Principatele Romane şi s-a, dezvoltat comerţul cu cereale cu ţările europene. Pentru a face faţă cerinţelor pieţelor externe şi a asigura venituri suplimentare, s-a trecut la extinderea suprafeţelor arabile prin desţelenirea unor suprafeţe mari de păşuni şi prin defrişarea pădurilor.

În anii 1920 - 1921, s-au defrişat peste 1 milion de hectare de păduri pentru a le transforma în păşuni comunale.

La declanşarea eroziunii au contribuit şi reformele agrare din 1864 şi 1922, când ţăranilor li s-au repartizat pământurile cele mai greu de lucrat de pe coastele dealurilor, parcelarea facându-se, în unele zone din deal şi vale, cu lungimea pe linia de cea mai mare pantă. Acest proces a continuat şi cu ocazia aplicării Legii fondului funciar – nr.18/1991, când unii proprietari de pământ au fost puşi în posesie pe vechile amplasamente orientate cu lungimea tot din deal în vale.

Schimbări esenţiale în abordarea problemelor cu privire la fenonenul de eroziune a solului au avut loc odată cu trecerea la organizarea teritoriului în sole mari, amplasate cu latura lungă paralelă cu direcţia generală a curbelor de nivel, creându-se astfel posibilitatea de a se aplica pe suprafeţe întinse măsuri de prevenire şi combatere a eroziunii solului.

În scopul studierii eroziunii şi a măsurilor de prevenire şi combatere, în anul 1956, a luat fiinţă Staţiunea Centrală de Cercetări pentru Combaterea Eroziunii Solului Perieni-judeţul Vaslui, situată în Podişul Bârladului, subdiviziunea colinele Tutovei.

Pe baza cercetărilor efectuate la S.C.C.C.E.S. Perieni şi în alte puncte experimentale aflate sub îndrumarea staţiunii, s-a stabilit sezonul critic al eroziunii în Podişul Central Moldovenesc, influenţa izolata şi asociată a factorilor eroziunii solului, măsurile şi lucrările cele mai eficiente de stăvilire a proceselor erozionale, de control al scurgerilor pe versanţi. Prin cercetările întreprinse s-au stabilit corelaţiile dintre tehnologiile de cultură specifice terenurilor în pantă, lucrările antierozionale şi producţia culturilor agricole, precizându-se sortimentul, structura, asolamentul, soiurile şi hibrizi corespunzători, lucrările de întreţinere a culturilor, fertilizarea, elemente care înglobează complexul de măsuri de protecţie antierozională a solului, de îmbunătăţire şi conservare a fertilităţii şi de sporire a producţiei agricole.

Pentru implementarea rezultatelor pe suprafeţe din ce în ce mai mari, în 1982, s-a început proiectarea şi executarea lucrărilor în vederea realizări unor perimetre etalon de combaterea eroziunii solului în 35 de judeţe, situaţe în zona colinar-deluroasa a ţării. Fiecare perimetru etalon trebuia să constituie un model de conservare a solului, de folosire raţională a fondului funciar pentru suprafeţele de teren din zonă, cu condiţii naturale asemănatoare.

Prin urmare, omul poate interveni şi în sens pozitiv în procesul erozional prin efectuare de lucrări de prevenire şi combatere a eroziunii solului. Reuşita în secţiunile de conservare şi ameliorare a solurilor de pe versant este asigurată dacă se intervine simultan asupra cât mai multor factori, care influenţează eroziunea şi se realizează aplicarea în complex a măsurilor şi lucrărilor antierozionale.

Pe de altă parte, măsurile şi lucrările antierozionale au eficacitatea maximă dacă

sunt aplicate diferenţiat, pe unitaţi naturale (bazine hidrografice sau cel puţin pe versant) şi nu pe suprafaţa izolată a unor tarlale, proprietăţi sau unităţi administrative.

Prevenirea şi combaterea eroziunii solului se realizează prin acţiuni care pot fi grupate după diverse criterii:

- *după efectul asupra procesului de eroziune* se disting:
  - lucrări cu caracter preventiv,
  - lucrări de ameliorare şi punere în valoare a terenurilor erodate.
- *după forma de eroziune* se diferenţiază astfel:
  - lucrări de prevenire şi combatere a eroziunii de suprafaţă,
  - lucrări pentru combaterea eroziunii în adâncime
- *după natura lucrărilor antierozionale,* se deosebesc:
  - măsuri şi lucrări organizatorice,
  - lucrări simple (agrofitotehnice),
  - lucrări silvice,
  - lucrări speciale de amenajare antierozională.
- *în funcţie de folosinţa terenului amenajat*, se deosebesc:
  - lucrări de prevenire şi combatere a eroziunii pe terenurile arabile
  - lucrări de prevenire şi combatere a eroziunii în plantaţiile de viţă de vie
  - lucrări de prevenire şi combatere a eroziunii în plantaţiile pomicole
  - lucrări de prevenire şi combatere a eroziunii pe păşuni.

### 3.1.6. Estimarea cantitativă a eroziunii solului. Ecuaţia universală a eroziunii

Pentru aprecierea fenomenului erozional în condiţii concrete de relief, sol, climă şi condiţii social-economice, în S.U.A. (încă din anul 1930), s-au efectuat studii şi cercetări cu ajutorul parcelelor de scurgere.

Ecuaţia pierderilor de sol este rezultatul a peste 60 ani de studii şi cercetări la care au participat specialişti din diferite domenii (pedologi, hidrologi, hidrotehnicieni, geomorfologi, ecologi, silvicultori) pentru a elaborarea unor metode de estimare a eroziunii solului.

În prezent, cercetările continuă pentru a se obţine date mai complexe.

În anul 1940, Zingg A.W. a stabilit o ecuaţie a pierderilor de sol în funcţie de lungime şi înclinarea pantei ($X = C\ L^m I^m$).

Formula a fost îmbunătăţită de Smith D.D., care a mai adăugat factorii: cultura folosită şi procedeele antierozionale folosite. De asemenea, s-a stabilit şi limita specifică a pierderilor de sol.

Mai târziu, în 1947 Browning G.H. a publicat o ecuaţie în care pierderile de sol au fost calculate ţinându-se seama de ponderea unor factori fizici care afectează eroziunea solului (tipul de sol, cantitatea de materie organică a solului, starea covorului vegetal, modul de lucrare a solului, înclinarea şi lungimea pantei).

Produsul factorilor care participă în ecuaţie, **reprezintă estimarea cantităţii de sol erodat (pierdut) pe un hectar în timp de un an,** în condiţii normale de climă.

Modelul de calcul a ecuaţiei a fost elaborat prin aplicarea metodelor statistice la prelucrarea datelor obţinute prin măsurători directe.

Structura modelului de calcul stabilită în 1958 de către cercetătorii americani Wischmeier şi Smith, în cadrul ” Serviciului de conservare a solului” – (S.C.S.), pe baza prelucrării unui vast material experimental, este cunoscută sub denumirea de U.S.L.E. (Universal Soil Loss Equation) - Ecuaţia universală a pierderilor de sol. Îmbunătăţirile aduse ecuaţiei constau din:

- un indice îmbunătăţit al eroziunii datorită precipitaţiilor;
- o metodă de evaluare a influenţelor culturilor şi metodelor agrotehnice, corespunzător condiţiilor locale;

- un factor cantitativ privind erodabilitatea solului.

În anul 1971, Wischmeier prezintă elemente noi care participă la determinarea mai exactă a pierderilor de sol, în funcţie de următoarele caracteristici mai importante ale solului: procentul de argilă şi nisip foarte fin, procentul de nisip mai mare de 0,10 mm, conţinutul de materie organică, structura şi permeabilitatea solului.

Specialiştii din domeniu apreciază pericolul eroziunii în funcţie de pierderile anuale de sol care reflectă de fapt modificarea profilului solului, a gradului de fertilitate şi deci a nivelului producţiei agricole.

Pe baza estimării eroziunii şi a scurgerilor de sol pe bazine hidrografice se poate aprecia gradul anual de colmatare a lacurilor de acumulare care determină creşterea riscului de inundabilitate.

Determinarea pierderilor de sol reprezintă o sinteză cu privire la prezenţa factorilor naturali care exercită o influenţă în declanşarea eroziunii hidraulice.

Această ecuaţie are următoarea formă:

$$E = R\ K\ L\ S\ C\ P$$

în care:

E – pierderea anuală medie de sol în tone pe unitate de suprafaţă;

R – factorul de erodare datorită precipitaţiilor;

K – factorul de erodabilitate datorită proprietăţilor solului;

L – factorul de lungime a pantei;

S – factorul de înclinare a pantei;

C – factorul de vegetaţie şi metoda agrotehnică aplicată;

P – factorul privind sistemul de lucrări antierozionale.

Modificări asupra ecuaţiei universale U.S.L.E., au fost făcute în anul 1995 de Loch R. şi Evans K. ecuaţia devenind R.U.S.L.E. (Revised Universal Soil Loss Equation).

În urma cercetărilor întreprinse cei doi cercetători corectează factorul de erodabilitate în funcţie de densitatea sedimentelor. Noul factor de erodabilitate ($k_m$) se calculează cu relaţia:

$$K_m = \frac{K}{(d_s - 1)}$$

unde:

K – factorul de erodabilitate datorită proprietăţilor solului;

$d_s$ – densitatea sedimentelor.

În ecuaţia universală R.U.S.L.E., Loch R., 1996, modifică factorul de vegetaţie şi metoda agrotehnică aplicată, în funcţie de procentul de material spălat în urma eroziunii cu diametrul mai mare de 9,5 mm.

**Pierderea specifică de sol medie multianuală**

În România, sub conducerea academicianului M.Moţoc s-au întreprins ample cercetări privind eroziunea solului, pe baza cărora pornindu-se de la elemente cunoscute ale ecuaţiei universale a eroziunii s-au stabilit indicatorii care permit să se facă evaluări medii anuale ale pierderilor de sol.

După modelul Wischmeier, M.Moţoc şi Stănescu P. au elaborat pentru condiţiile din România, *Ecuaţia universală a pierderilor de sol*, pentru diferite condiţii de climă, relief, sol, cultură. Cercetările au fost efectuate pe parcele de scugere pe o perioadă de 12 ani. Această ecuaţie cuprinde principalii factori care intervin în procesul de eroziune a solului şi care are următoarea formă:

$$E = K\ L^m\ I^n\ S\ C\ C_s \qquad \text{(t/ha/an)}$$

în care: E – eroziunea de suprafaţă medie anuală, t/ha/an;

K – coeficient de agresivitate climatică, (tabelul nr.3.6./ fig.3.3.);

L – lungimea versantului pe linia de cea mai mare pantă, m;
I – panta versantului, %
S – coeficient dependent de tipul de sol, sau coeficient de erodabilitate;
C – coeficient care exprimă influenţa culturilor asupra eroziunii;
Cs – coeficient de influenţă a măsurilor şi lucrărilor antierozionale,

In funcţie de tipul de eroziune hidrică deosebim:
- indicatori de estimare a efectelor eroziunii de suprafaţă;
- indicatori de estimare a efectelor eroziunii de adâncime.

In cazul **eroziunii de suprafaţă** se disting următorii indicatori:

1) Pentru utilizatorii de sol din agricultură se stabilesc:
   a) Pierderea specifică de sol medie multianuală.pe fiecare hectar dintr-o suprafaţă omogenă de relief;
   b) pierderea de sol medie ponderată pe folosinţe,
   c) grosimea stratului de sol antrenat;
   d) eroziunea admisibilă (tolerabilă).
2) Pentru utilizatorii de resurse de sol şi apă din aval se stabileşte eroziunea efluentă.

Valorile factorilor din formula anterioară de estimare a eroziunii au fost stabilite în cadrul laboratorului de conservare a solului din I.S.P.I.F., având aplicabilitate pentru condiţiile pedoclimatice din România.

**Coeficientul de agresivitate climatică (K)**

Pe baza cercetărilor efectuate de specialişti în domeniu, precum şi a caracteristicilor fizico-geografice din România, au permis diferenţierea următoarelor zone de agresivitate climatică (tabelul nr.3.6.).

Tabelul nr.3.6.

Zonarea coeficientului (k) de agresivitate climatică

| Nr.crt. | Denumirea zonei fizico-geografice | Coeficientul K |
|---|---|---|
| 1 | Dobrogea | 0.094 |
| 2 | Podişul Central Moldovenesc | 0,100 |
| 3 | Câmpia Munteniei | 0,127 |
| 4 | Sudul Moldovei şi dealurile subcarpatice | 0,144 |
| 5 | Transilvania | 0,127 |
| 6 | Bazinul mijlociu al Mureşului | 0,094 |
| 7 | Câmpia şi dealurile din Vest | 0.067 |
| 8 | Carpaţii Orientali | 0.167 |
| 9 | Carpaţi Meridionali | 0,207 |
| 10 | Munţii Apuseni | 0,132 |

În anul 1969, Stanescu P. şi colaboratorii, elaborează harta privind coeficientul de agresivitate climatică (K) pentru toate localitatăţile din România (fig. nr.3.3.).

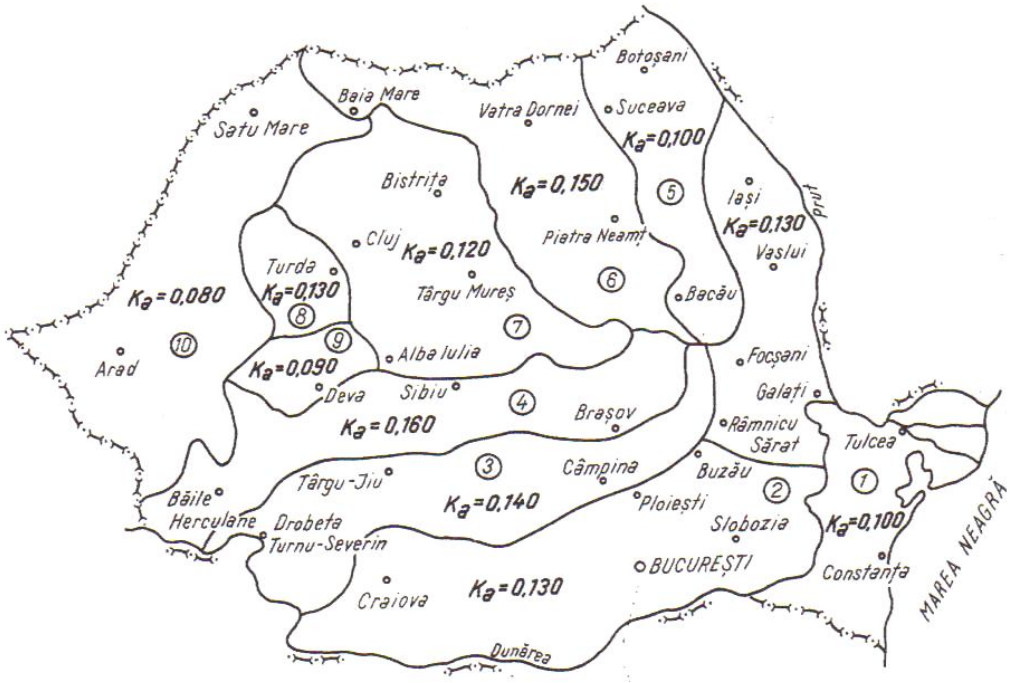



Fig.3.3. Coeficientul de agresivitate climatică

**Lungimea versantului (L)** se determină pe unităţi omogene de relief, în m;

Experimental: m = 0,4 pentru L <100 m

m = 0,3 pentru L > 100 m

În cazul suprafeţelor omogene de relief care nu prezintă pantă şi lungimea liniei de cea mai mare pantă constante pe întreaga suprafaţă, se realizează două sau trei determinări pentru lungimile corespunzătoare, după care se face media aritmetică a acestor determinări.

**Panta versantului**, pe unităţi omogene de relief, în %:

$$i^n = l,36+0,97i + 0,138i^2$$

Ecuaţia eroziunii se poate scrie şi sub formă simplificată:

$$E = A L_i$$

în care: $L_i - L^m I^n$

A - coeficient ce cuprinde influenţa celorlalţi factori în afară de relief ($L_i$).

În urma cercetărilor efectuate a fost preferată relaţia:

$E = A L^{0,3} I^{1,5}$, deoarece are un domeniu mai larg de aplicabilitate.

**Coeficientul de erodabilitate (S)** - rezistenţa suprafeţei solului la acţiunea impactului picăturilor de ploaie şi a microcurenţilor depinde de valoarea estimativă a coeficientului de erodabilitate pedolitologica prezentată în tabelul nr.3.7.

Tabel nr.3.7.

Valoarea estimativă a coeficientului de erodabilitate pedolitologică

| Tipul de sol | Gradul de eroziune | Textura | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Nisip | Nisip-lutos | Lut-nisipos | Lut | Lut-argilos | Argilă |
| Sol balan | absentă-slabă<br>moderata<br>puternica | | | 0,9<br>1,0<br>1,0 | 0,9<br>0,9<br>1,0 | 0,7<br>0,8<br>0,9 | |
| Cernoziom | absentă-slabă<br>moderata<br>puternica | | | 0,8<br>0,9<br>0,9 | 0,8<br>0,9<br>0,9 | 0,7<br>0,7<br>0,9 | 0,6<br>0,7<br>0,8 |
| Cernoziom cambic<br>Cernoziom argiloiluvial<br>Sol cernoziomoid<br>Sol brun eumezobazic | absentă-slabă<br>moderata<br>puternica | | | 0,7<br>0,8<br>0,9 | 0,7<br>0,9<br>1,0 | 0,6<br>0,8<br>1,0 | 0,6<br>0,8<br>0,8 |
| Sol cenuşiu | absentă-slabă<br>moderata<br>puternica | | | 0,8<br>0,8<br>0,9 | 0,8<br>0,9<br>1,0 | 0,7<br>0,8<br>0,9 | 0,7<br>0,8<br>0,8 |
| Redzina, pseudoredzina,<br>terra rossa | absentă-slabă<br>moderata<br>puternica | | | | 0,9<br>0,9<br>1,0 | 0,9<br>0,9<br>1,0 | 0,8<br>0,8<br>0,9 |
| Sol brun roscat,<br>sol brun argiloiluvial, sol brun roşcat luvic | absentă-slabă<br>moderata<br>puternica | | | | 0,8<br>0,9<br>1,0 | 0,7<br>0,7<br>0,9 | 0,7<br>0,7<br>0,8 |
| Sol brun luvic,<br>Luvisol,<br>Sol pseudogleic | absentă-slabă<br>moderata<br>puternica | | 0,9<br>0,9<br>1,0 | 0,8<br>0,8<br>1,0 | 0,9<br>0,9<br>1,0 | 0,9<br>0,9<br>1,0 | |
| Sol brun acid, sol negru acid | absentă-slabă<br>moderata<br>puternica | | 0,8<br>0,8<br>0,9 | | | | |
| Sol brun podzolic,<br>Podzol, Andosol, subtipuri feriiluvial şi andic al erodisolurilor | absentă-slabă<br>moderata<br>puternica | 0,9<br>1,0<br>1,0 | 0,9<br>0,9<br>1,0 | | | | |
| Sol humico-salicatic, litosol | absentă-slabă<br>moderata<br>puternica | 0,8<br>0,8<br>0,9 | 0,8<br>0,8<br>0,9 | 0,8<br>0,8<br>0,9 | | | |
| Sol negru de fâneaţă vertisol | absentă-slabă<br>moderata<br>puternica | | | | | 0,8<br>0,8<br>0,9 | 0,7<br>0,8<br>0,8 |
| Soloneţ | absentă-slabă<br>moderata<br>puternica | | | 1,0<br>1,1<br>1,1 | 1,0<br>1,1<br>1,1 | 1,0<br>1,1<br>1,1 | 1,0<br>1,1<br>1,1 |
| Regosol | absentă-slabă<br>moderata<br>puternica | 0,8<br>0,8<br>0,9 | 0,8<br>0,9<br>0,9 | 0,8<br>0,9<br>1,0 | 0,8<br>0,9<br>1,0 | 0,8<br>0,9<br>1,0 | 0,7<br>0,8<br>0,8 |
| Subtipurile cambic,<br>Argiloiluvial şi rodic al erodisolurilor | foarte<br>puternică | | | 1,0 | 10 | 1,0 | 0,9 |
| Subtipul alcalizat al erodisolurilor | foarte<br>puternică | | | | | 1,1 | 1,1 |
| Subtipurile tipic, rendzinic, pseudorendzinic, litic, vertic, gleizat şi salinizat al erodisolurilor | excesivă | | | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 |

**Coeficient care exprimă influenţa culturilor (C) -** Considerând porumbul pentru boabe drept cultură standard şi avându-se în vedere celelalte culturi fără prezenţa golurilor, s-a stabilit pentru factorul privind influenţa culturilor asupra eroziunii valorile din tabelul nr.3.8.

Tabel nr.3.8.

Valoarea factorului **"C"**

| Nr.crt. | Cultura | Valoarea factorului „C” | Observaţii |
|---|---|---|---|
| 1 | Porumb - monocultura | 1,0 | |
| 2 | Porumb in rotaţie | 0,8 | |
| 3 | Cartofi şi sfeclă | 0,6 | |
| 4 | Mazăre şi fasole | 0,3 | |
| 5 | Cereale şi păioase de primăvară | 0,2 | |
| 6 | Cereale de păioase de toamna | 0,14 | |
| 7 | Ierburi perene în primul an | 0,06 | |
| 8 | lerbun perene după al doilea an | 0,014 | |
| 9 | Păşuni bine încheiate | 0,001 | |
| 10 | Păşuni slab degradate | 0,2 | |
| 11 | Păşuni moderat degradate | 0,3 | |
| 12 | Păşuni puternic degradate | 0,8 | |
| 13 | Terenuri neproductive fără vegetaţie | 1.2 | In plantaţii sub 3 ani. C = 0,8 |
| 14 | Plantaţii viticole | 0,7 | In plantaţii sub 4 ani. C = 0,7 |
| 15 | Plantaţii pomicole încheiate | 0,5 | |
| 16 | Pădure | 0,005 | |
| 17 | Fâneţe naturale bine încheiate | 0,001 | |

**Coeficientul de influenţă a măsurilor şi lucrărilor de conservare a solului (Cs).** Rezultatele numeroaselor experienţe efectuate în România cu privire la eficienţa antierozională a metodelor frecvent folosite pentru conservarea solului au stat la baza determinării coeficientului de corecţie ($C_s$).

Dacă nu sunt prezente lucrări de combaterea eroziunii solului în perimetrul luat în studiu, valoarea factorului "Cs" este egală cu unu. În situaţia în care există deja lucrări de combaterea eroziunii solului sau, în perspectivă pentru cele care se vor proiecta (lucrări agroameliorative, fitoamehorative şi hidroameliorative), influenţa antierozională a acestora se va lua în calcul prin coeficientul "Cs" prezentat în tabelul nr.3.9.

Tabel nr.3.9.

Valoarea factorului "$C_s$"

| Grupa de pantă % | Valoarea factorului "$C_s$" pentru | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Culturi pe curbele de nivel | Culturi în fiişii sau benzi înierbate | Terase, canale, valuri de pământ | Culturi pe linia de cea mai mare pantă |
| 0 – 5 | 0,5 | - | - | 1,0 |
| 5,1 – 10 | 0,6 | 0,3 | - | |
| 10,1 – 15 | 0,7 | 0,35 | 0,15 | |
| 15,1 – 20 | 0,8 | 0,40 | | |
| 20,1 – 25 | 0,9 | 0,45 | | |
| >25 | 0,95 | 0,50 | | |

Pentru estimarea eroziunii de suprafaţă se introduc în relaţia de calcul prezentată, valorile determinate pe suprafeţe (unităţi) omogene de relief, delimitate pe planul de situaţie, astfel ca într-o **suprafaţă omogenă** să fie cuprins *acelaşi tip de sol, aceeaşi categorie de folosinţă, categorie de pantă, expoziţie şi grad de eroziune.*

Pentru valorile coeficientului "C" se are în vedere cartograma folosinţelor şi prevederile privind structura culturilor.

Potenţialul eroziunii de suprafaţă pentru întreg perimetru se stabileşte prin media ponderată a mărimii eroziunii de suprafaţa determinată pentru fiecare unitate omogenă de relief.

Calculul eroziunii de suprafaţă se face pe bazine hidrografice sau perimetre unde urmează a se aplica complexul de măsuri antierozionale, pentru a pune în evidenţa influenţa acestora asupra reducerii eroziunii. Se face un calcul al eroziunii înainte de amenajare, în care caz se ia valoarea coeficientului Cs=1 (se consideră cultura orientată pe linia de cea mai mare pantă) şi un calcul după amenajare când valorile coeficientului $C_s$ se stabilesc în funcţie de măsurile şi lucrările antierozionale propuse pentru fiecare unitate omogenă de relief.

In scopul aprecierii măsurilor şi lucrărilor necesare pentru conservarea solului trebuie să fie cunoscute valorile orientative ale eroziunii admisibile (tolerabile), valori ce vor fi prezentate după următorii indicatori de estimare a efectelor eroziunii de suprafaţă.

**Pierderea de sol medie ponderată pe folosinţe.** Se determină pentru fiecare folosinţă în parte cu relaţia:

$$E_{m\ p\ folosinta} = \frac{\sum (E \cdot S_{sup\,r})}{\sum S_{sup\,r}} \quad \text{(t/ha/an)},$$

în care:

$E_{m\ p\ folosinţă}$ - eroziunea de suprafaţă medie ponderată pe fiecare folosinţă, în t/ha şi an;

E - eroziunea de suprafaţă a unităţilor omogene de relief, în t/ha şi an;

$\sum S_{sup}$, - suprafaţa totală a unităţilor omogene de relief, în ha.

**Grosimea stratului de sol antrenat**

Pentru transformarea pierderilor de sol din t/ha şi an, în $m^3$/ha şi an sau în milimetri strat de sol spălat anual pe hectar, se utilizează greutatea volumetrică, γ, a materialului solid erodat, stabilit în cadrul studiului pedologic, utilizându-se următoarele relaţii:

$$E(m^3 / ha\ zi\ an) = \frac{E(t / ha\ zi\ an)}{\gamma}$$

în care.

γ - greutatea volumetriçă a aluviunilor în: $t/m^3$

$(\gamma = 1{,}6 + 2{,}2 t/m^3)$

$$E_{(mm\ sol\ spălat/ha\ şi\ an)} = \frac{E(m^3 / ha\ zi\ an)}{10}$$

### 3.1.7. Eroziunea admisibilă (tolerabilă)

O agricultură fără pierderi de sol, practic, nu este posibilă, iar eforturile făcute pentru conservarea solului nu pot exclude total procesul de eroziune, însă îl limitează între baremuri permise, fără a influenţa fertilitatea solului.

Pentru a se putea stabili pierderile de sol admisibile în diferite condiţii pedoclimatice, este necesar să se ţină seama de următoarele considerente:

- grosimea stratului de sol trebuie să fie suficientă pentru asigurarea producţiei agricole şi silvice pe o perioadă de timp îndelungată;
- la stabilirea pierderilor de sol admisibile se ţine seama de felul plantei cultivate. În cazul cultivării viţei de vie se pot admite pierderi mai mari decât la cultura cerealelor, viţa de vie fiind mai puţin pretenţioasa faţă de sol;
- se va ţine seama de substratul de rocă Astfel, dacă roca mamă este tare, solul format este subţire, capacitatea de înmagazinare a apei-mică aceste soluri erodându-se cu uşurinţă. Pe rocile moi se formează soluri groase, capabile să reţină mai multă apă, eroziunea fiind mult mai lentă;
- pierderea de sol trebuie să fie minimă pentru a nu provoca colmatarea canalelor, drumurilor, terenurilor joase, acumulărilor;
- pierderea de sol trebuie menţinută sub nivel unde aceasta poate provoca scurgeri puternice şi eroziunea de adâncime;
- trebuie găsite cele mai eficiente măsuri şi lucrări pentru a reduce la maximum scurgerile de suprafaţă urmărindu-se pe lângă înmagazinarea apei în sol şi conservarea elementelor nutritive ce se găsesc în orizontul cu humus.

Toate aceste consideraţii sunt valabile numai atunci când viteza eroziunii nu depăşeşte posibilitatea de refacere a solului.

Pe baza unor studii şi cercetări efectuate după unii autori, în tabelul nr.3.10. se redau pierderile admisibile de sol pe terenurile cultivate.

Tabel nr.3.10

Pierderi de sol admisibile pe terenurile cultivate

| Nr. crt. | Autorul | Pierderi de sol anuale, t/ha |
|---|---|---|
| 1 | Thompson L.M. | 1,20 – 14,40 |
| 2 | Whatt şi Miller | 5 – 10 |
| 3 | Wischmeier W.H. | 7 – 11 |
| 4 | Browning – pentru statul Iowa | 5 – 15 |
| 5 | Hays şi Clark – pentru Wissconsin | 7 |
| 6 | Moţoc M. – pentru România | 3 – 12 |
| 7 | Trăşculescu Fl. – pentru bazinul hidrografic Chineja | 8 |
| 8 | Mihai Gh. şi Ionescu V. – pentru bazinul Slănic - Buzău | 6 - 9 |

## 3.2. PREVENIREA ŞI COMBATEREA EROZIUNII SOLULUI PE TERENURILE CU FOLOSINŢĂ AGRICOLĂ

### 3.2.1. Criterii privind alegerea lucrărilor de combatere a eroziunii solului

Cercetările ştiinţifice în domeniul combaterii eroziunii solului au stabilit că eroziunea solului nu este un proces de neînlăturat, ea putând fi stăvilită prin folosirea unui complex de măsuri agrofitotehnice şi hidrotehnice. S-a constatat însă că latura tehnică a combaterii eroziunii solului este destul de simplă, însă problemele sociale-economice sunt acelea care dictează în ultima instanţă aplicarea măsurilor tehnice.

Măsurile şi lucrările de combatere a eroziunii solului trebuie să ţină seama de pericolul eroziunii, de mijloacele agrofitotehnice şi hidrotehnice ce pot să fie aplicate în

condiţiile respective şi de eficienţă economică a lucrărilor. Aplicarea măsurilor şi lucrărilor de stăvilire a eroziounii solului trebuie să ducă la următoarele rezultate:

- reducerea pierderilor de sol prin eroziune;
- ridicarea fertilităţii solului printr-o mai bună conservare a apei şi îmbunătăţirea folosirii îngrăşămintelor de către plante;
- ridicarea producţiei agricole;
- crearea condiţiilor mai bune pentru mecanizarea lucrărilor de exploatare pe terenurile ameliorate şi pentru transportul produselor;
- lucrările de combatere a eroziunii solului să se încadreze în planul de amenajare complexă a bazinului hidrografic din care face parte terenul.

Pierderile de sol admisibile sau pierderile tolerabile se exprimă cantitativ în $m^3$ sau tone de sol pe hectar şi an. Aceste pierderi tolerabile, de la care solul se poate reface, sunt în funcţie de zonă, de profunzimea solului, permeabilitatea lui etc. De asemenea, la stabilirea pierderilor de sol admisibile se ţine seama şi de felul plantei cultivate.

Menţinerea eroziunii solului la o valoare admisibilă se realizează prin protejarea acestuia împotriva acţiunii dinamice a picăturilor de ploaie şi scurgerii apelor de suprafaţă prin diferite mijloace.

Prin toate măsurile şi lucrările aplicate în combaterea eroziunea solului se va urmări conservarea elementelor nutritive înmagazinate în orizontul cu humus şi menţinerea apei din precipitaţii, contribuind la sporirea fertilităţii solului şi prin aceasta la ridicarea producţiei agricole. Producţia agricolă pe terenurile în pantă este în funcţie însă nu numai de fertilitatea acestora, ci şi de plantele ce se cultivă, condiţiile microclimatice ale acestor terenuri fiind de multe ori foarte favorabile pentru unele culturi fiind mai bine încălzite şi solurile mai bine drenate, unele culturi valoroase ca viţa de vie, pomii fructiferi, o parte din plantele medicinale şi chiar unele culturi de câmp valorifică foarte bine aceste terenuri. Pe lângă faptul că se obţin producţii bune, acestea sunt şi de o calitate superioară, ceea ce conduce la recomandarea culturilor respective pe terenurile în pantă. Pentru a se putea lucra cu uşurinţă terenurile supuse eroziunii, trebuie ca lucrările hidroameliorative să nu constituie o piedică în calea mecanizării, iar pe de altă parte să se execute maşini corespunzătoare pentru efectuarea lucrărilor pe pante. Pentru uşurarea transportului produselor (agricole, horticole) trebuie să se realizeze reţeaua de drumuri confom organizării interioare a fiecărei categorii de folosinţă.

În acţiunea de amenajare complexă a bazinelor hidrografice, lucrările de combatere a eroziunii solului trebuie obligatoriu corelate şi cu celelalte lucrări de îmbunătăţiri funciare (irigaţii, desecări-drenaje, îndiguiri), cu amenajările silvice, precum şi cu lucrările de gospodărire, cu lucrările hidroenergetice.

### 3.2.2. Clasificarea lucrărilor antierozionale

Obiectivul principal al conservării solului este acela de întreţinere permanentă a potenţialului productiv al solului. În acest scop este necesar să se aplice un complex de lucrări antierozionale aplicat pe unităţi naturale care poate fi clasificat, în mod convenţional, sub diferite aspecte:

*1) prin prisma locului şi a importanţei lor, a ponderii şi priorităţii lor în cadrul unei amenajări complexe antierozionale*, în vederea elaborării unor principii de bază privind realizarea lor şi care să conducă în final la îmbunătăţirea concepţiei actuale a proiectării şi executării, (Budiu V.-1996), se disting lucrările din tabelul nr.3.11.

Tabelul nr.3.11

Categorii de lucrări antierozionale

| Nr. crt. | Categorie de lucrări | Cerinţe, sol |
|---|---|---|
| 1 | Restructurarea categoriilor de folosinţă | să ofere protecţie solului<br>repartizarea optimă a: arabil, viţă de vie, pomi, păşuni, pădure |
| 2 | Organizarea interioară a teritoriului | împărţirea în unităţi teritoriale de lucru<br>reţeaua de circulaţie agricolă |
| 3 | Măsuri agrofitotehnice antierozionale | repartiţia culturilor<br>lucrări de mobilizare a solului<br>fertilizare<br>sisteme de cultură |
| 4 | Lucrări de terasamente | nivelări, neteziri, astupări<br>terasări, taluzări<br>modelări, nivelări |
| 5 | Reţeaua de regularizare a scurgerilor | de suprafaţă<br>valuri<br>canale de coastă<br>debuşee<br>subterane - şanţuri deschise<br>- drenuri |
| 6 | Lucrări pe reţeaua torenţială | împăduriri<br>taluzări, terasări, astupări<br>lucrări de construcţie |

*2) după caracterul măsurilor de combatere a eroziunii solului* se disting:

- măsuri generale de combatere a eroziunii solului (zonarea funcţională a pădurilor, stabilirea categoriilor de folosinţă);
- măsuri organizatorice care se referă la sistematizarea teritoriului agricol şi organizarea interioară pe categorii de folosinţă;
- măsuri şi lucrări de agrotehnică antierozională, diferenţiate şi pe categorii de folosinţă;
- măsuri hidroameliorative necesare combaterii eroziunii solului pe versanţi, incluzându-se în această categorie lucrările de terasamente (nivelări, neteziri, terasări etc.) şi lucrările de regularizare a scurgerilor apei pe versanţi (valuri, canale de coastă, debuşee etc);
- măsuri antierozionale pe reţeaua torenţială (ogaşe, ravene) care se referă la astupatul formaţiunilor incipiente, de dimensiuni mici, lucrări longitudinale şi transversale pe firul ravenelor, împăduriri etc.

3) *în funcţie de natura lucrărilor, rolul şi specificul acestora, a procesului tehnologic de execuţie, precum şi a materialelor din care sunt executate*, lucrările speciale de combaterea eroziunii solului au fost grupate în următoarele categorii:

- lucrări speciale pe versanţi care comportă mişcări de terasamente: drumuri de exploatare terasate şi poteci; canale de coastă cu rol de reţinere sau evacuare a apelor; brăzduiri pe păşuni; învăluiri; terase continui şi individuale;
- lucrări fitoameliorative de combatere a eroziunii solului: benzi de arbuşti; însămânţări; supraînsămânţări; perdele de protecţie antierozionale; împăduriri;
- lucrări hidroameliorative: debuşee, cleionaje; ziduri de sprijin din zidărie de piatră;
- lucrări anexe: podeţe, bazine de colectare a apei; drenuri de captare a apei.

4) *după categoria de folosinţă pe care se aplică*, complexul de lucrări antierozionale acestea se clasifică în:

- măsuri şi lucrări de combatere a eroziunii solului pe terenurile arabile;

- măsuri şi lucrări de combatere a eroziunii solului în plantaţiile de viţă de vie şi pomi;
- măsuri şi lucrări de combatere a eroziunii solului pe păşuni.

## 3.3. PREVENIREA ŞI COMBATEREA EROZIUNII SOLULUI PE TERENURILE ARABILE

Din suprafaţa arabilă a ţării (9,38 milioane ha) aproximativ un sfert se află situată pe versanţi cu pante mai mari de 5%, versanţi cu condiţii potenţiale de erodabilitate sau deja afectaţi în diferite stadii de procesele erozionale.

Principala măsură în stăvilirea procesului erozional pe terenurile arabile o constituie organizarea antierozională a teritoriului.

### 3.3.1. Organizarea antierozională a terenurilor arabile

Organizarea teritoriului reprezintă un complex de măsuri tehnice, organizatorice, economice şi juridice care trebuie să asigure rezolvarea următoarelor probleme:

- folosirea raţională a întregului fond funciar prin stabilirea structurii categoriilor de folosinţă;
- îmbunătăţirea calităţii productive a terenurilor agricole prin aplicarea unor măsuri complexe: ameliorative, agro-fitotehnice, hidrotehnice şi silvice;
- posibilitatea aplicării unei agriculturi cu grad înalt de tehnicitate.

Principiile de bază ale organizării teritoriului se pot aplica numai în unităţile agricole care posedă suprafeţe agricole mari sau în cadrul asociaţiilor de proprietari de teren care deţin supafeţe mari, care să permită împărţirea terenului în mai multe sole sau parcele de lucru.

Măsurile şi lucrările folosite în vederea rezolvării acestor probleme se grupează astfel:

- măsuri tehnico-organizatorice
- măsuri agrotehnice
- măsuri fitotehnice
- lucrări hidrotehnice

Lucrările de prevenire şi combatere a eroziunii solului trebuie aplicate în complex pentru a determina o eficienţă maximă a terenurilor agricole, şi care trebuie să conducă la:

- reducerea pierderilor de sol prin eroziune
- îmbunătăţirea regimului hidrologic al scurgerilor pe versanţi
- creşterea fertilităţii solului
- crearea condiţiilor pentru efectuarea lucrărilor cu mijloace mecanizate
- creşterea producţiei agricole
- protejarea poluării mediului

Organizarea teritoriului se aplică în interiorul fiecărei categorii de folosinţă în funcţie de condiţiile de relief şi condiţiile pedoclimatice.

Principiile şi metodele de ameliorare integrală a unei zone naturale prin măsuri antierozionale sunt stabilite în cadrul unui proiect de organizare a teritoriului şi care trebuie să precizeze:

- categoriile de folosinţă în funcţie de condiţiile de relief şi pedoclimatice;
- organizarea interioară, în cadrul fiecărei categorii de folosinţă, forma şi dimensiunile solelor, amplasarea reţelei de drumuri, sortimentul de culturi şi asolamentele, precum şi măsurile de combatere a eroziunii solului pentru fiecare porţiune de teren în pantă.

Determinarea categoriilor de folosinţă se referă la delimitarea suprafeţelor de teren agricole şi a celor neagricole, iar în cadrul fiecăreia separarea unităţilor de folosinţă

corespunzătoare. Astfel pe suprafeţele agricole se vor separa terenurile arabile, păşunile, fâneţele, terenurile pentru plantaţiile viticole şi pomicole, iar pe terenurile nearabile, terenurile ocupate de ape, drumuri, construcţii etc.

Delimitarea categoriilor de folosinţă se face pe baza unui studiu amănunţit al cadrului natural şi social economic şi care face parte integrantă din proiectul de organizare a teritoriului. În cadrul acestui studiu o atenţie deosebită trebuie să se acorde factorilor determinanţi ai eroziunii: relieful, precipitaţiile, solul şi care dealtfel stau la baza criteriilor de amplasare şi dimensionare a solelor, drumurilor, lucrărilor antierozionale, stabilirii modului de folosinţă etc.

Organizarea teritoriului se efectuaeză pe planuri de situaţie la scara 1:5000 sau 1:10000 cu reprezentarea reliefului prin curbe de nivel cu echidistanţa de 5 m sau 10 m. Pe planul de situaţie se vor delimita suprafaţa deţinută de asociaţie sau exploataţia agricolă, unităţile de sol şi de eroziune, reţeaua de drumuri, folosinţele terenului, suprafeţele ocupate de formaţiunile torenţiale, etc.

### 3.3.2. Principii privind organizarea interioară a terenului arabil

Pentru terenurile cu folosinţă arabilă se repartizează suprafeţe de teren cu pantă redusă, cu soluri fertile, profunde şi slab sau moderat erodate. Panta maximă pentru care se poate rapartiza terenul arabil este de 20 – 22 % şi numai în zonele unde se aplică asolamente de protecţie poate ajunge la 30%.

Organizarea teritoriului arabil cuprinde măsuri prin care se stabilesc:

- numărul şi suprafaţa asolamentelor
- amplasarea judicioasă a solelor, parcelelor şi drumurilor de exploatare

Asolamentele ca formă de organizare a teritoriului arabil se stabilesc pe ferme, şi pot fi clasificate astfel:

- asolamente pentru culturi de câmp
- asolamente legumicole
- asolamente mixte
- asolamente de protecţie

Asolamentul pentru culturi de câmp. Amplasarea se face pe terenurile cu pantă până la 18 – 20 % cu soluri slab sau moderat erodate, iar structura culturilor va trebui să ţină seama de necesarul de cereale, de condiţiile pedoclimatice, de relieful terenului şi de gradul de eroziune a solului. Se recomandă crearea unui singur asolament, cu excepţia culturilor tehnice.

Asolamentul legumicol. Mărimea suprafeţei rezervate pentru astfel de culturi se alege în funcţie de scopul producţiei (pentru consum local sau pentru aprovizionarea localitaţilor din apropiere), de personalul specializat în legumicultură precum şi de căile de comunicaţie, etc. Amplasarea trebuie facută cât mai aproape de sursa de apă pentru irigat, pe terenurile cu relief uniform, cu panta optimă de 0,1% - 1 % admiţând valori maxime de 3 % în cazul irigării gravitaţionale şi de 10 % pentru irigarea prin aspersiune, pe soluri cu textură mijlocie.

Asolamentul de protecţie. Se amplasează pe terenurile care se pot ara, cu pante de 10 – 25 %, cu eroziune puternică sau foarte puternică. Cu scopul de a preveni şi combate eroziunea solului, structura culturilor va trebui să corespundă acestei cerinţe, de aceea leguminoasele perene sau anuale vor acoperi circa 70 % din suprarafaţa asolamentului.

Terenul fiecărui asolament se împarte în sole.

***Sola*** constituie unitatea teritorială de lucru din cadrul asolamentului de câmp. Pe o solă se cultivă o singură plantă agricolă sau două culturi cu aceleaşi cerinţe agrotehnice, pe fiecare solă urmând a se executa mecanizat toate lucrările agricole.

Forma solelor poate fi dreptunghiulară, trapezoidală sau de paralelogram (fig.3.4.) cu laturile lungi paralele între ele, cu unghiuri între laturile lungi şi scurte mai mari de $60^o$.

Nu se recomandă forma triunghiulară sau cu unghiuri mai mici de $60^o$ deoarece în astfel de situaţii cresc cheltuielile de producţie şi consumul de carburanţi la hectar. Forma laturilor lungi poate fi şi sub formă curbă atunci când se impune trasarea lor paralel cu sensul curbelor de nivel.

Lungimea solei se stabileşte în funcţie de lungimea versantului, suprafaţa solei şi randamentul utilajelor cu care se efectuează lucrările agricole. Ea poate să cuprindă întregul versant sau porţiuni din acesta în funcţie de limitele obligate (hotare, alte folosinţe, drumuri, ravene, etc.).

Lăţimea solei depinde de lungimea versantului pe linia de cea mai mare pantă şi de înclinarea versantului, micşorându-se odată cu creşterea pantei.

Dimensiunile solelor trebuie să ţină seama de dimensiunile şi uniformitatea versantului, natura solului, lucrările antierozionale existente şi de limitele obligate (ravene, fire de vale, alte folosinţe, lucrări hidrotehnice, drumuri clasificate).

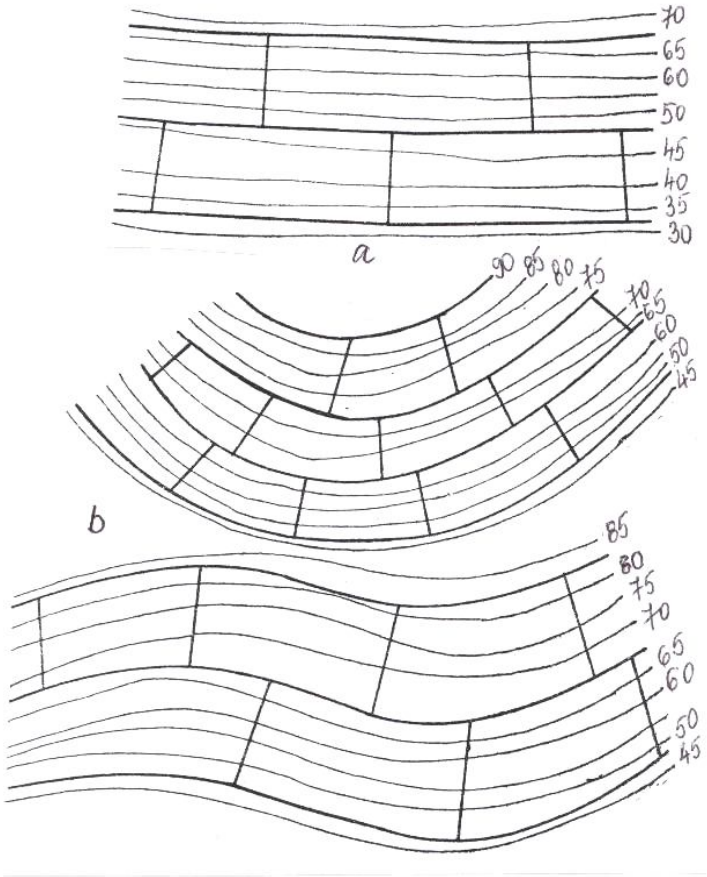



Fig.3.4. Forma şi amplasarea solelor pe versant uniform (a)
şi pe versant cu relief frământat (b)

În funcţie de panta terenului se recomandă următoarele dimensiuni (tabelul nr.3.12.).

Tabelul nr.3.12

Dimensiunile solelor în funcţie de panta terenului

| Panta terenului (%) | Lungimea solei (m) | Lăţimea solei (m) |
|---|---|---|
| < 5 | 1500 -2000 | 500 - 800 |
| 5 – 15 | 1200 - 2000 | 250 - 500 |
| > 15 | 800 - 1600 | 150 - 300 |

Amplasarea solei se face cu latura lungă a solei pe direcţia generală a curbelor de nivel, pe pante mai mari de 5 %, şi strict pe curba de nivel pe pante mai mari de 10 % (fig.3.4.), astfel încât toate lucrările agro-fitotehnice să se execute pe curba de nivel.

Sola, se va amplasa astfel încât să cuprindă un singur tip de sol cu acelaşi grad de fertilitate şi eroziune.

Mărimea solelor variază în funcţie de tipul de asolament, astfel:

- asolament pentru terenurile cu pantă redusă (terenuri irigate sau neirigate): 100 – 250 ha;
- asolament pentru terenurile arabile în pantă:
  - la pante de 3 – 8 % : 100 – 150 ha
  - la pante de 8 – 16 % : 50 - 100 ha
  - la pante mai mari de 16 %: 25 - 50 ha
- asolamentul legumicol: 25 ha

Suprafaţa solelor se poate reduce la câteva hectare în zonele cu relief frământat sau a în cazul unor asociaţii care deţin suprafeţe mici de teren.

Suprafeţele solelor din cadrul unui asolament trebuie să fie aproximativ egale, admiţându-se abateri de 3 – 5 % faţă de suprafaţa medie.

Amplasarea reţelei de drumuri. Pe terenurile agricole se amplasează drumuri cu folosinţă generală (drumuri clasate) şi drumuri de exploatare agricolă.

Drumurile de exploatare se proiectează simultan atunci când se stabililesc asolamentele şi se delimitează solele. Ele trebuie să satisfacă următoarele cerinţe:

- să permită accesul la fiecare solă a utilajelor agricole;
- să facă legătura între drumurile cu folosinţă generală, comunală sau judeţene;
- să scoată din circuitul agricol suprafeţe cât mai mici de teren;
- să nu favorizeze procesele de eroziune a solului.

Proiectarea drumurilor de exploatare se face în funcţie de categoria de drum şi panta acestora după cum urmează: pe direcţia curbelor de nivel, pe linia de cea mai mare pantă, oblice, în diagonală sau în serpentină.

*Drumurile de exploatare principale (DP)* – fac legătura între sediul fermei şi folosinţele agricole, cu drumurile secundare trasate pe curbele de nivel, se trasează pe latura scurtă a solelor. Au lăţimi de 4-6 m, partea carosabilă profilată şi pot servi ca zone de întoarcere a agregatelor.

În funcţie de panta şi lungimea versantului drumurile principale se pot trasa:

- pe linia de cea mai mare pantă atunci când panta versantului este < 8%,
- în diagonală atunci când panta versantului este cuprinsă între 8 şi 12%,
- în serpentină atunci când panta versantului depăşeşte limita de 12% în aşa fel încât panta drumului să nu depăşească panta de 8 – 10%.

Pentru zonele bogate în precipitaţii şi pe terenurile cu drenaj natural slab, drumurile principale sunt prevăzute cu canale (şanţuri) marginale, iar platforma este înclinată spre aval cu 1-2%.

Solele vor fi deservite şi de *drumurile de exploatare secundare (DS),* a căror laţime este de 3-4 m. Dacă se amplasează pe latura scurtă a solei, acestea vor servi ca zonă de întoarcere a agregatelor. Distanţa de amplasare a drumurilor secundare este cuprinsă între 150 şi 500 m unul faţă de celălalt fiind variabilă în funcţie de panta terenului, după cum urmează (tabelul nr.3.13.):

Tabelul nr.3.13

Distanţa între drumurile amplasate pe curbele de nivel pe terenurile arabile în pantă

| Panta terenului , % | Distanţa între drumuri, m |
|---|---|
| 5 -10 | 500 – 400 |
| 10 – 15 | 400 – 300 |
| 15 – 20 | 300 – 250 |
| 20 – 25 | 250 – 200 |
| 25 – 30 | 200 – 150 |
| 30 - 35 | 150 – 100 |

### 3.3.3. Măsuri agrofitotehnice pe terenurile în pantă

Reducerea pierderilor de sol până la nivelul pierderilor admisibile se poate realiza printr-o serie de măsuri agrofitotehnice simple cum sunt: structura şi rotaţia culturilor, aplicarea de îngrăşăminte, lucrări de mobilizare a solului.

În ceea ce priveşte *structura culturilor de câmp*, ea va depinde de asolamentul ales (de câmp, mixt sau de protecţie). În funcţie de protecţia ce o oferă solului, Moţoc M. (1963) a stabilit următoarea grupare a culturilor:

- culturi foarte bune protectoare: leguminoasele şi gramineele furajere perene începând cu al doilea an de folosinţă:
- culturi bune protectoare: cereale păioase, leguminoase şi gramineele furajere în primul an de folosinţă şi plantele furajere anuale;
- culturi mijlocii protectoare: leguminoasele anuale;
- culturi slab protectoare: cartoful, floarea soarelui, sfecla de zahăr şi porumbul.

Pe baza analizei factorilor naturali, tehnici şi social-economici se determină alegerea culturilor, a ponderii lor în asolament sau a combinaţiei între ele.

*Fertilizarea terenurilor arabile în pantă* – pe terenurile erodate faţă de cele plane, fertilizarea prezintă un rol dublu şi anume că sporeşte producţia agricolă dar şi prin faptul că îmbunătăţeşte protecţia antierozională a solului. Prin eroziune se înlătură o parte din orizontul fertil al solului ceea ce determină necesitatea aplicării unor doze mai mari de îngrăşăminte pentru acumularea de humus şi substanţe nutritive pe terenurile supuse erodării. Se consideră că pe terenurile moderat erodate cantitatea de humus s-a redus cu 30 – 35% în timp ce pe cele puternic erodate a ajuns la 60%. Pentru aceste motive sunt administrate îngrăşăminte chimice sau organice, acestea din urmă contribuind şi la ameliorarea însuşirilor fizice, hidrofizice, biologice, a regimului hidric, precum şi la reducerea scurgerilor pe versanţi.

### 3.3.4. Sisteme antierozionale de amplasarea culturilor pe versanţi

Sistemele agrotehnice de prevenire şi combatere a eroziunii solului în anumite condiţii trebuie completate cu sistemul de amplasare a culturilor pe versanţi, care influenţează în mod hotărâtor pierderile de apă şi sol în timpul precipitaţiilor torenţiale şi implicit producţia culturilor terenurilor agricole.

**Sistemul de cultură pe curba de nivel.** Constă în executarea tuturor lucrărilor pe direcţia curbelor de nivel, cu abateri admise de 2 – 3% la lungimi mai mari de 200 m şi de până la 5% pe lungimi mai mici. Prin acest sistem de cultură se crează obstacole în calea scurgerii apei, se nivelează şiroirile şi rigolele formate în timpul ploilor torenţiale, se favorizează reţinerea şi infiltrarea apei în sol. Arătura, semănatul şi lucrările de întreţinere efectuate pe linia de cea mai mare pantă favorizează concentrarea scurgerii pe şanţurile dintre coamele brazdelor, a urmelor lăsate de brăzdarele semănătorii sau de roţile tractoarelor, favorizând scurgerea apei pe versanţi simultan cu cantitatea de sol erodat.

Sistemul de cultură pe curba de nivel se poate aplica pe solele amplasate cu latura lungă paralel cu direcţia curbelor de nivel, asigurând o protecţie bună solului pe versanţii cu pante cuprinse între 3 şi 8 %. Pentru pante mai mari de 8% acest sistem de cultură pe curbele de nivel trebuie completat cu alte măsuri antierozionale.

**Sistemul de cultură în fâşii.**

Acest sistem de cultură se practică pe versanţii cu lungimea liniei de scurgere mai mare de 100 m, cu pante mai mari de 8-10% şi constă în amplasarea culturilor prăşitoare alternativ cu cerealele păioase sau leguminoase pentru boabe. Energia cinetică a scurgerilor care se formează pe fâşia cultivată cu prăşitoare este disipată în aval de fişia cultivată cu plante cu desime mare.

Versantul este împărţit în fâşii egale care se cultivă alternativ cu cereale păioase, leguminoase pentru boabe sau in şi plante prăşitoare. Pentru o eficienţă antierozională se impune condiţia ca versantul să prezinte o pantă constantă pentru a rezulta fâşii cu laţimea constantă, iar fâşiile cu cereale păioase să fie cuprinse între cele cultivate cu culturi protectoare.

Lăţimea fâşiei se poate stabili în funcţie de viteza critică de neeroziune sau de distanţa critică, precum şi în funcţie de criteriul pierderilor admisibile de sol prin eroziune.

Astfel, din formula universală a eroziunii rezultă că laţimea fâşiilor se poate determina cu relaţia:

$$L^{0,3} = \frac{Eroziunea\ admisibilă}{K\ I^n\ S\ C\ C_s}$$

În funcţie de valoarea pantei terenului şi erodabilitatea solului, (Stănescu P.) se prezintă valorile orientative ale laţimii fâşiilor în tabelul nr.3.14.

Tabelul nr.3.14

Valori orientative ale lăţimii fâşiilor cultivate

| Panta, % | Lăţimea fâşiilor (m) pentru soluri cu erodabilitate | | |
|---|---|---|---|
| | Mică | Mijlocie | Mare |
| 5 – 10 | 117 – 83 | 100 – 71 | 79 – 56 |
| 11 – 15 | 78 – 59 | 66 – 50 | 52 – 40 |
| 16 - 25 | 55 – 30 | 47 – 25 | 37 – 20 |

Măsurile de prevenire şi combatere a eroziunii solului cuprind o gamă foarte largă de lucrări, de la pregătirea solului şi sisteme speciale de cultură până la lucrări de modelare a suprafeţei şi agroterasare. Unele din ele sunt obligatorii pentru toate condiţiile de utilizare a terenurilor ca ierburile să se dezvolte în condiţii bune. Lăţimea fâşiilor va trebui, de asemenea, să fie egală sau mai mică decât distanţa critică de eroziune şi variabilă în funcţie de pantă şi forma versantului în profil pe linia de cea mai mare pantă (fig. 3.5.).

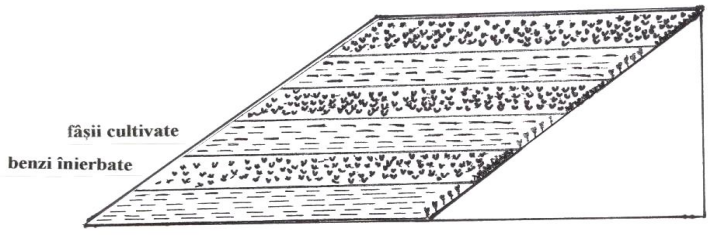



Fig.3.5. Sistemul de cultură în fâşii

Lăţimea benzilor înierbate va fi de 1/5 – 1/10 din lăţimea fâşiilor cultivate. În general, se consideră satisfăcătoare lăţimi ale benţilor de 4 – 8 m, cu recomandarea că în partea superioară a versantului lăţimea să fie mai îngustă (4 – 6 m) şi să crească spre baza versantului la 8 – 10 m (Moţoc M.). Aceste lăţimi vor fi constante pe toată lungimea

tarlalei dacă versantul este uniform. Dacă versantul este neuniform se pot adopta lăţimi variabile ale benzilor înierbate pentru ca fâşiile cultivate să aibă lăţimi constante pentru a fi lucrate uşor mecanizat.

Benzile înierbate menţinute pe acelaşi amplasament timp de 5-6 ani determină apariţia unei denivelări, care dacă se înierbează poate constitui taluzul unei viitoare agroterase. Pe terenurile cu pantă sub 20 % şi mai rezistente la eroziune, pentru a evita formarea agroteraselor se impune desţelenirea benzilor înierbate după 2 – 4 ani şi amplasarea lor mai în amonte sau aval de amplasamentul iniţial.

**Sistemul de cultură în benzi înierbate**

In zonele cu precipitaţii mai mari de 600 mm, cu versanţi cu pante cuprinse între 12 - 25%, sistemul de cultură în faşii se poate înlocui cu cel în benzi înierbate, deoarece în aceste zone se pot realiza benzi înierbate, bine încheiate şi cu o perioadă de vegetaţie mai lungă.

In cadrul acestui sistem, sola sau versantul se împarte în faşii care se cultivă cu aceeaşi plantă, însa la limita aval a fiecarei faşii se va prevedea o bandă înierbată. Benzile înierbate preiau rolul faşiilor ocupate de cereale sau leguminoase, care interceptează, dispersează şi reţin parţial scurgerile din faşia amonte. Prin desimea vegetaţiei, se reduce viteza de scurgere a apei, iar o parte din materialul solid purtat de apă se depune în zona din amonte a benzii. Dacă benzile înierbate se menţin pe acelaşi amplasament un număr mare de ani, ele se transformă în taluzuri de agroterase.

Pentru a determina distanţa de amplasare a benzilor se poate folosi aceeaşi relaţie de calcul ca şi în cazul fâşiilor, tabelul nr.3.14. Lăţimea benzilor înierbate variază între 4 şi 8 m, de regulă 4 - 6 m, cu excepţia versanţilor uniformi cu lungimi mari şi a versanţilor convecşi şi concavi, situaţii în care lăţimea poate fi majorată la 8 – 10 m în treimea inferioară a versanţilor uniformi şi convecşi şi în treimea superioară a versanţilor concavi, fig.3.6.

Pentru înfiinţarea benzilor înierbate se recomandă cultivarea cu leguminoase deoarece au durată mare de viaţă (3-4 ani) sau numai cu graminee atunci când se doreşte să se cultive în permanenţă. Popa A şi colab., 1984, citaţi de Cîmpeanu S. şi Bucur D. (2005) recomandă folosirea speciilor şi amestecurilor prezentate în tabelul nr.3.15.

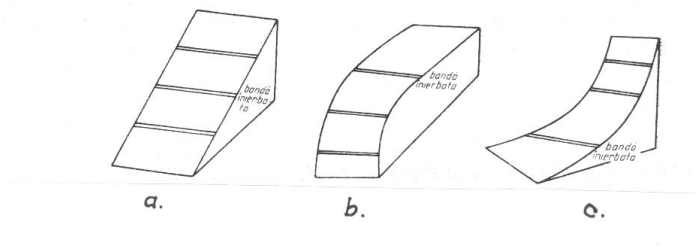



Fig. 3.6. Amplasarea benzilor înierbate pe versanţi:
- uniformi (a),
- conveşi (b),
- concavi (c)

Tabelul nr.3.15

Amestecuri de ierburi perene folosite în benzile înierbate

| Precipitatii medii anuale (mm) | Intensitatea eroziunii | Specii folosite în amestecuri |
|---|---|---|
| < 500 | Moderată | Lucernă 60% + Golomăţ 40% |
| | Puternică | Sparcetă 60% + Obsigă nearistată 40%<br>Ghizdei 60% + Obsigă nearistată 40% |
| > 500 | Moderată | Sparcetă 60% + Golomaţ 40% |
| | Puternică | Sparcetă 60% + Obsigă nearistată 40% |

Lucrările de înfiinţare şi exploatare a terenului cultivat cu benzi înierbate se efectuează cu scopul de a obţine o densitate corespunzătoare a plantelor. Acest lucrări constau în: semănat la adâncime corespunzătoare în teren bine pregătit la care se aplică

tăvălugirea suprafeţei cultivate, distrugerea crustei după răsărire, distrugerea buruienilor prin erbicidare şi cosire.

Scopul acestor lucrări este în primul rând cel de protecţie antierozională, prin care se reduc pirderile de sol până la limita admisibilă, dar şi cel de mărire a producţie.

Sistemele de cultură în fâşii şi benzi înierbate se pot folosi şi în cazul proprietarilor de teren cu suprafeţe mici, amplasate cu lungimea din deal în vale.

### 3.3.5. Lucrări hidrotehnice în amenajarea antierozională a terenurilor arabile

Pe terenurile arabile în pantă, unde pericolul de eroziune este foarte mare şi măsurile agroameliorative nu sunt suficiente pentru stăvilirea procesului de eroziune se poate interveni cu lucrări speciale cum sunt: uniformizarea - modelarea versanţilor, agroterasarea şi terasarea versanţilor, lucrări de reţinere a scurgerilor (valuri de pământ) şi de evacuare (canale de coastă, debuşee).

**Lucrări de modelare a suprafeţei versanţilor.** Suprafaţa unui versant, considerată în lungul pantei, poate avea în condiţii naturale diferite forme care pot favoriza mai mult sau mai puţin eroziunea. Utilizarea lor ca terenuri arabile implică uneori aplicarea unor măsuri mai complexe pe lângă metodele de cultură enunţate mai sus. În general aceste metode se referă la modelarea versanţilor, adică modificarea formei lor în profilul longitudinal al pantei. Astfel, dacă se consideră iniţial un versant cu o pantă uniformă, prin lucrări de modelare se obţin în timp fâşii cu pante mai mici în raport cu cea iniţială şi delimitate fiecare în aval de obstacole în calea apelor de scurgere (valuri de pământ, şanţuri, taluzuri înierbate). În acest mod se ajunge la o regularizare a scurgerii prin reducerea vitezei apei sub limita vitezei de eroziune, reţinerea totală sau parţială a apei, precum şi evacuarea dirijată a apelor în exces.

*Valurile de pământ* sunt nişte coame sau spinări de pământ cu înălţimea de 0,4 – 0,6 m executate la anumite distanţe între ele, aproximativ paralel cu curbele de nivel, mărginite în amonte de câte un şanţ cu baza largă (fig.3.7.). Ele au rolul de a reţine apa ce se scurge de pe fâşia din amonte asigurând astfel infiltrarea ei în totalitate sau parţial.

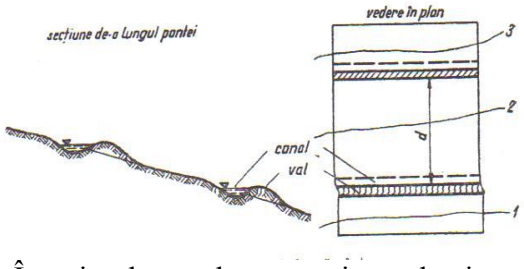



Fig.3.7. Valuri de pământ (de nivel)

În primul caz ele sunt orizontale şi se numesc *valuri de nivel*, iar în al doilea caz sunt înclinate şi se numesc *valuri înclinate*, asigurând infiltrarea unei părţi din apa scursă şi evacuarea restului de apă prin debuşee (fig.3.8.).

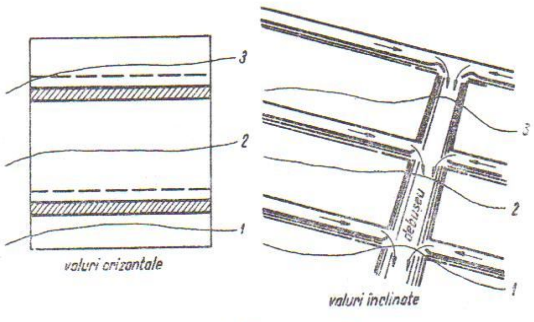
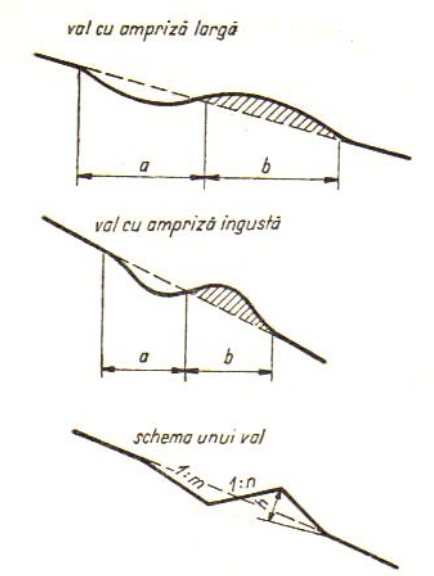



Fig.3.8. Tipuri de valuri (orizontale şi înclinate)

Alegerea tipurilor de valuri se face în funcţie de condiţiile naturale. Astfel, pentru zonele de stepă şi silvostepă cu soluri a căror permeabilitate şi capacitate pentru apă este mare, se recomandă valuri orizontale, iar pentru zone cu exces de apă se preferă valuri înclinate cu

pante cuprinse între 0,1 – 0,9 %. În privinţa solurilor, cele mai potrivite sunt cele cu textură mijlocie şi evitarea proiectării lor pe solurile nisipoase. Luând în considerare forma versantului, valurile se recomandă pe versanţi cu panta uniformă, iar pentru versanţii neuniformi, denivelarile vor fi nivelate în prealabil. Caracteristic pentru acest tip de amenajare este faptul că întreaga suprafaţă ocupată de val şi şanţ se cultivă, astfel încât nici o porţiune de teren din versant nu capătă alt mod de folosinţă, fapt ce permite o mai bună exploatare şi mecanizare a lucrărilor agricole.




Valurile au o înălţime mică (0,3 – 0,5 m) iar ampriza poate fi mai largă (7 - 9 m) pe terenuri cu pantă sub 10% sau mai îngustă (4 – 7 m) pe terenuri cu panta între 10 – 12 % (fig.3.9.).

Fig.3.9. Secţiune transversală prin valuri

În general, pe pante mai mari nu se recomandă utilizarea valurilor ca măsură antierozională. Dimensiunile valurilor în funcţie de pantă sunt date în tabelul nr.3.16.

Tabelul nr.3.16.

Elemente de construcţie a valurilor în raport cu panta

| Panta % | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| m | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| h | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |

Suprafaţa secţiunii transversale a canalului, considerată sistematic un triunghi (fig. 3.9.), se poate calcula cu formula (dată de Moţoc -1959):

$$S = \frac{h^2(1+ni)^2}{8i(1-mi)}$$

în care:

i - este panta terenului pe care se proiectează valuri.

Volumul de pământ mişcat pentru construirea unui metru liniar de val se determină cu formula:

$$V_p = \frac{h^2(1+ni)(m+n)}{8(1-mi)}$$

Lăţimea fâşiilor delimitată de valuri variază în funcţie de pantă, în medie între 20 – 55 m şi trebuie să fie mai mică decât distanţa critică de eroziune (tabelul nr.3.17.).

Tabelul nr.3.17

Distanţa între valuri în raport cu rezisteţa la eroziune a solului

| Panta % | Distanţa pe orizontală, m | | |
|---|---|---|---|
| | Soluri slab rezistente la eroziune | Soluri mijlociu rezistente la eroziune | Soluri rezistente la eroziune |
| 2 | 41 | 49 | 55 |
| 3 | 34 | 40 | 45 |
| 4 | 30 | 35 | 39 |
| 5 | 26 | 30 | 35 |
| 6 | 24 | 28 | 32 |
| 7 | 22 | 27 | 30 |
| 8 | 21 | 25 | 28 |
| 9 | 20 | 24 | 26 |
| 10 | 19 | 22 | 25 |
| 11 | 19 | 21 | 24 |
| 12 | 17 | 20 | 23 |

De asemenea, apa acumulată în şanţ trebuie să se infiltreze într-un timp relativ scurt pentru a nu dăuna culturilor agricole. Prin calcul această distanţă (d) se poate determina în funcţie de volumul de apă reţinut de 1 m liniar de canal şi val ($V_1$) şi volumul de apă scurs de pe suprafaţa de 1 $m^2$ a fâşiei dintre valuri (V):

$$d = \frac{V_1}{V}$$

Volumul $V_1$ variază în medie între 0,7 – 1,1 $m^3$, în funcţie de dimensiunile canalului, iar volumul V se determină prin relaţia:

$$V = K_s \times H$$

în care:

$K_s$ - este coeficientul de scurgere şi H – precipitaţiile maxime căzute în 24 ore cu asigurarea de 10%.

Cunoscând diferenţa de nivel între două valuri ($\Delta h$) şi diferenţa de nivel între extremitatea superioară şi inferioară a versantului terasat ($\Delta H$) se poate determina numărul de valuri (N) ce urmează a fi trasate cu ajutorul relaţiei:

$$N = \frac{\Delta H}{\Delta h}$$

Lungimea unui val corespunde în general cu aceea tarlalei, iar în medie variază între 300 – 700 m. În cazul valurilor înclinate trebuie luată în considerare şi existenţa unor debuşee naturale, care pot determina lungimea valurilor. Dacă distanţa între debuşeele naturale este prea mare, atunci se proiectează între ele un debuşeu artificial.

*Agroterasarea*. Utilizarea ca teren arabil a versanţilor cu pante ce depăşesc 15 – 20%, situaţi în zone cu agresivitate pluvială ridicată şi soluri cu un grad de erodabilitate mai greu de controlat se impun aplicarea unor măsuri antierozionale determinate de aceste condiţii. În acest scop se fac lucrări de modelare a terenului, prin care se urmăreşte reducerea în timp a pantei versantului sub limita de eroziune. Reducerea pantei se poate face prin executarea de agroterase. Agroterasarea constă în obţinerea unor platforme cu pante până la 15%, utilizate cu culturi agricole şi delimitate între ele de taluzuri cu panta mai mare, dar consolidate prin înierbare. Practic se ajunge în final, după cel puţin 8 – 10 ani, la o transformare a pantei iniţiale uniforme a versantului în trepte cu lăţimi variabile a platformei în funcţie de panta naturală a terenului (tabelul nr.3.18.).

Tabelul nr.3.18.

Lăţimea utilă a agregatelor la diferitele pante a platformelor

| Panta terenului % | Lăţimea utilă (L) şi suprafaţa taluzului în % (A) pentru înălţimea taluzului de 1,5 m | | | | Lăţimea utilă şi suprafaţa taluzului în % pentru înălţimea taluzului de 2 m | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Panta platformei | | | | Panta platformei | | | |
| | 12 % | | 15 % | | 12 % | 15 % | 12 % | 15 % |
| | Lm | A% | Lm | A% | Lm | A% | Lm | A% |
| 22 | 12 | 11 | 17 | 8 | 16 | 11 | 22 | 8 |
| 24 | 10 | 14 | 13 | 11 | 13 | 13 | 17 | 10 |
| 26 | 8 | 16 | 10 | 13 | 12 | 16 | 14 | 13 |
| 28 | 7 | 18 | 8 | 15 | 9 | 18 | 11 | 15 |
| 30 | 6 | 21 | 7 | 18 | 8 | 20 | 10 | 18 |

Calculul elementelor dimensionale (lăţimea şi înălţimea platformei) se face folosind aceleaşi formule ca la terasele pentru viţa de vie.

Agroterasele se pot obţine prin mai multe metode, însă toate urmăresc relizarea lor în timp, rezultat al unor amenajări simple combinate cu lucrările de arătură.

Astfel, prin executarea unor şanţuri paralele cu curbele de nivel şi la anumite distanţe, cu aruncarea pământului în amonte sub formă de val şi apoi prin arături cu plugul reversibil pe suprafeţele dintre şanţuri, se obţin în timp agroterase cu platforma înclinată. Taluzul aval al valului se înierbează, devenind cu timpul taluzul agroterasei. Sistemul de cultură al solului cu benzi înierbate oferă posibilitatea transformării versantului în agroterase prin menţinerea benzilor înierbate fără a fi desţelenite şi lucrarea fâşiilor cu plugul reversibil prin răsturnarea brazdei în aval. În acest mod banda înierbată devine taluz iar fâşia cultivată platforma terasei.

O metodă care permite realizarea agroteraselor într-un timp mai scurt a fost studiată la staţiunea experimentală Perieni-Bîrlad. Metoda constă în realizarea unei platforme orizontale lată de 4 – 5 m şi cu pantă longitudinală uniformă după care urmează o porţiune de versant neterasată având o lăţime variabilă funcţia de pantă şi anume 20 – 40 m la pante de 15-20% şi 10 – 15 m la pante de 25-29%. Taluzul realizat din umplutură are o înălţime iniţială de 0,5 – 0,7 m, iar cu timpul el se mai măreşte datorită lucrării solului pe platformă (fig.3.10.). Lăţimea totală a platformei terasate şi neterasate trebuie să fie multiplu al lăţimii de lucru al maşinilor agricole.

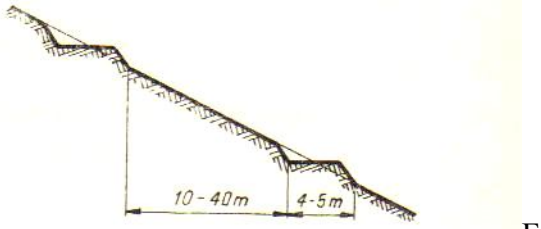



Fig.3.10. Agroterase

În general platforma capătă în timp o pantă transversală de formă puţin concavă, iar în profil longitudinal poate fi dreaptă sau puţin înclinată, în care caz trebuie prevăzut un debuşeu.

Exploatarea agricolă a platformei face ca în timp să se ajungă la o pantă uniformă mai mică decât panta iniţială a versantului. Astfel, la un versant cu panta între 20-30%, platforma a ajuns la 6 – 8 % înclinare spre aval.

Executarea platformei orizontale se realizează mecanizat cu ajutorul graderelor sau buldozerelor, după ce în prealabil s-au executat lucrările de nivelare a ogaşelor, denivelărilor etc. Folosirea grederului este de preferat pe pante până la 18 – 20% pentru terase lungi de cel puţin 300 m şi cu locuri de întoarcere a agregatelor la capatele teraselor.

Amenajarea agroteraselor după oricare metodă impune soluţionarea unor probleme importante referitoare la organizarea teritoriului (drumuri, debuşee, tarlalizare etc), pregătirea terenului (nivelări, fertilizări etc), alegerea culturilor.

Prin folosirea acestei metode se obţine o reducere însemnată a eroziunii, o modificare pozitivă a unor însuşiri ale solului, creşterea producţiei agricole şi a producţiei de fân pe taluzuri.

## 3.4. PREVENIREA ŞI COMBATEREA EROZIUNII SOLULUI ÎN PLANTAŢIILE DE VIŢĂ DE VIE

Terenurile ocupate cu plantaţii de viţă de vie se află situate cu precădere pe zonele colinare şi de deal, cu anumite condiţii specifice de climă şi sol, ceea ce impune ca prevenirea şi combaterea eroziunii solului pe aceste suprafeţe de teren să se realizeze prin organizarea teritoriului, prin lucrări antierozionale simple sau amenajări hidrotehnice speciale (terase, debuşee şi canale de coastă). Sunt folosite pentru cultura viţei de vie în special terenurile cu panta mai mare (peste 15-18%), prioritate vor avea lucrările de modelare, care reduc panta naturală a versanţilor sub limita admisibilă pentru eroziune, precum şi lucrările agrotehnice antierozionale. Aceste din urmă pot avea şi singure un efect important antierozional, mai ales pe pante mai mici, dar de obicei ele însoţesc lucrările speciale.

### 3.4.1. Organizarea teritoriului în plantaţiile viticole

Organizarea teritoriului şi stabilirea măsurilor antierozionale trebuie să aibă la bază studii amănunţite ale cadrului natural, cu referire specială la necesităţile impuse de specificul acestei culturi în alegerea terenului, amplasare, soiuri etc.

Terenul ales pentru această folosinţă agricolă urmează a fi împărţit în unităţi teritoriale şi de lucru, care să asigure posibilitatea mecanizării lucrărilor agricole din plantaţia de viţă de vie. Organizarea teritoriului constă în împărţirea şi delimitarea unităţilor teritoriale şi de lucru, stabilirea amplasamentului reţelei de drumuri de circulaţie a zonelor de întoarcere şi de umbrire.

Din acest punct de vedere, o plantaţie viticolă se împarte în următoarele unităţi teritoriale şi de lucru: parcele, tarlale, trup viticol şi masivul viticol.

*Parcela,* este cea mai mică unitate teritorială a plantaţiei, reprezentând elementul de bază pentru organizarea antierozională a teritoriului, fiind delimitată de poteci pe linia de cea mai mare pantă (alei tehnologice), debuşee, zone de întoarcere sau de drumuri de legătură (deal-vale), iar în lungul curbelor de nivel, de drumuri tehnologice. Are formă dreptunghiulară, pătrată, trapezoidală, triunghiulară sau altă formă determinată de anumite limite obligate.

Dimensiunile şi forma parcelei depind de caracteristicile reliefului terenului destinat plantaşiei, de prezenţa obstacolelor naturale, de mijloacele folosite în susţinerea plantaţiei, de lucrările care se aplică prentru prevenirea şi combaterea eroziunii solului, etc.

Lăţimea parcelei este cuprinsă între 80 - 120 m (de regulă 100 m) atunci când susţinerea viţei de vie se face cu sărmă montată pe spalieri. Laţimea parcelei mai este impusă şi de necesitatea reducerii transporturilor manuale printre rândurile de viţă de vie.

Potecile (aleile) au lăţimi de 2 – 3 m şi se menţin înierbate, iar pe direcţia deal-vale se impune un decalaj de trasare între ele de 1-2 m, pentru a preveni scugerile pe versant ce apar la precipitaţii abundente.

Pe platou, parcelele se amplasează fără a cuprinde şi porţiuni de versant, iar orientarea rândurilor de viţă de vie se stabileşte după criteriul însoririi butucilor.

Lungimea parcelelor se aplasează pe direcţia deal-vale şi este influenţată de panta terenului, de lungimea versantului pe linia de cea mai mare pantă, precum şi de distanţa

dintre drumurile de exploatare. Lungimea parcelei este cuprinsă între 100 şi 500 m, după cum urmează:

| Panta terenului, % | Lungimea parcelei, m |
|---|---|
| < 10 % | L = 400 – 500 m |
| 10 – 18 % | L = 200 – 400 m |
| > 18 % | L = 100 m |

Suprafaţa pacelei variază între 1-4 ha pentru pante de 10-20%, până la 5 ha pentru pante mai mici de 5%. Amplasarea parcelelor se face în funcţie de forma versanţilor (fig.3.11.).

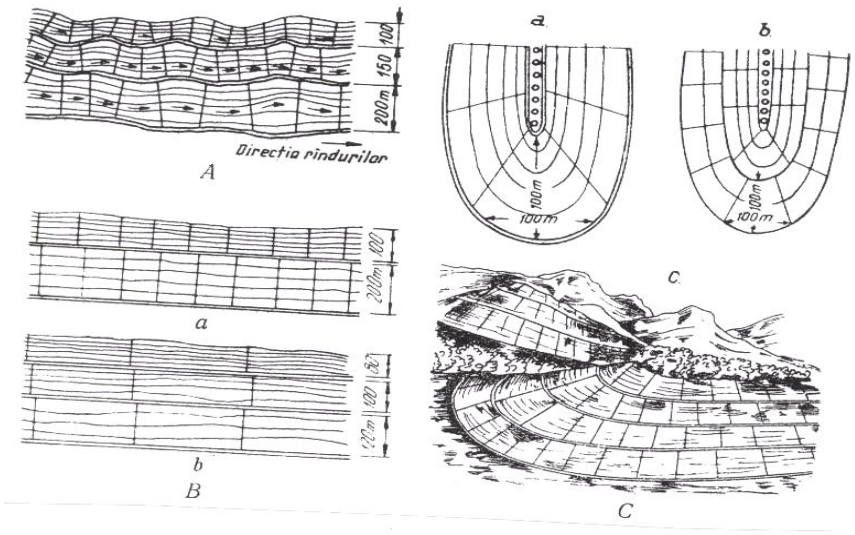



Fig.3.11. Amplasarea parcelelor

A – pe versanţi lungi cu teren frământat; B – pe versanţi uniformi: a- pe spalier, b- pe araci; C – pe un bot de deal: a, b – versant cu lungimea de 100 m, respectiv de 200m, c – vedere în perspectivă

*Tarlaua* este unitatea teritorială de lucru cu mijloace mecanizate şi cuprinde 3-6 parcele sau mai multe, fiind delimitate pe laturile scurte, de zone de întoarcere (pe linia de cea mai mare pantă), iar pe cele lungi, de drumuri (pe curba de nivel) şi au laţimi diferenţiate, mai ales în funcţie de panta terenului. Lungimea medie a unei tarlale variază între 400-600 m.

La capetele tarlalei (teraselor) se prevăd zone de întoarcere a maşinilor cu o lăţime de 5-6 m. La pante mai mari de 25% trebuie să se amenajeze rampe de întoarcere a agregatelor.

*Trupul viticol* este unitatea teritorială a unei plantaţii viticole cuprinzând mai multe tarlale şi este mărginit de alte folosinţe sau limite obligate, inclusiv cele de organizarea teritoriului (drumuri, poteci, zone de întoarcere, plantaţii silvice de protecţie, construcţii, etc.). Suprafaţa unui trup viticol este cuprins între 300 – 500 ha.

*Masivul viticol* cuprinde întreaga suprafaţă cultivată cu viţă de vie care aparţine unui anumit teritoriu şi poate cuprinde mai multe trupuri separate de hotare naturale (văi, ravene) sau diferite folosinţe ale terenului. Suprafaţa unui masiv viticol poate să fie de 1000 – 2000 ha. Masivul viticol mai poartă denumirea şi de podgorie (ex. Murfatlar, Cotnari, Dealu Mare, Nicoreşti, Jidvei, etc.).

În interiorul unui trup viticol se proiectează o *reţea de circulaţie* alcătuită din drumuri de exploatare, poteci, zone de întoarcere şi de umbrire), care să delimiteze şi să asigure exploatarea unităţilor descrise mai sus.

Proiectarea reţelei de circulaţie dintr-o plantaţie de viţă de vie se stabileşte odată cu stabilirea unităţilor teritoriale de lucru. Este alcătuită din drumuri de exploatare şi poteci

(alei tehnologice) şi trebuie să asigure transportul în condiţii optime a recoltei şi a diferitelor materiale, să permită legături directe cu sediul fermei precum şi cu centrele de depozitare şi de prelucrare a strugurilor.

Principalele cerinţe care trebuie satisfăcute de reţeaua de circulaţie din plantaţiile viticole (Mihaiu Gh. şi colab. - 1985), sunt:

- să se integreze în reţeaua generală de circulaţie din bazinul hidrografic şi în lucrările de amenajare din cuprinsul acestuia;
- să scoată din circuitul agricol cât mai puţin teren (în mod obişnuit, mai puţin de 5% din suprafaţa propusă spre amenajare);
- să aibă legături directe cu sediul fermei şi cu centrele de depozitare, prelucrare şi desfacere;
- să fie amplasate pe teren stabil şi să aibă panta mai mică decât limita maximă admisă (8 - 10 %);
- să contribuie la controlul scurgerii şi eroziunii solului;
- să aibă capacitatea de transport corespunzatoare volumului şi produselor care trebuie transportate în perioadele cu activitate maximă;
- razele de curbură sa permită înscrierea cu uşurinţă în curbă a maşinilor (agregatelor) agricole folosite la exploatarea plantaţiei.

In funcţie de rolul funcţional *drumurile de exploatare* sunt alcătuite din:

- drumuri principale (DP), care fac legătura cu sediul fermei, centrele de prelucrare şi desfacere. Ele deservesc o suprafaţă mare, cu un trafic intens şi de aceea aceste drumuri se consolidează (pietruite); au laţimi de 4 – 6 m şi două fire de circulaţie.

- drumuri secundare (DS) care asigură legătura între drumurile principale şi restul plantaţiei. Se trasează pe direcţia curbelor de nivel, au lăţimi de 3 – 4 m, prezintă un singur fir de circulaţie şi zone de aşteptare pentru terenurile în pantă.

După amplasamentul în cadrul plantaţiei pot fi:

- *drumuri de cumpănă (culme)*, amplasate pe cotele cele mai mari, de separaţie;
- *drumuri de talveg (de vale)*, amplasate pe cele mai mici cote, la baza versantului;
- *drumuri de versant (de coastă)*, amplasate în lungul curbelor de nivel, delimitând tarlalele pe lungime şi parcelele pe lăţime;
- *drumuri de legătură pe versant*, care fac legătura între drumurile de cumpănă şi cele de talveg, se trasează în diagonală sau serpentină cu panta de maxim 10 %, mărginind tarlalele pe laturile scurte:

*Zonele de întoarcere şi de umbrire* sunt faşii de teren, cu lăţimea de 5 - 6 m, care este rezervată la capetele tarlalelor pentru a servi la întoarcerea agregatelor agricole care efectuează lucrări în plantaţie.

Zonele de întoarcere se amplasează pe linia de cea mai mare pantă şi pe cât posibil, la marginile ravenelor sau ale plantaţiilor forestiere (fig.3.12).

Zonele de umbrire sunt faşiile de teren neplantate cu viţă de vie, de-a lungul perdelelor de protecţie, şi care pot fi folosite şi ca zone de întoarcere sau ca drumuri.

*Amplasarea construcţiilor.* Proiectarea construcţiilor în plantaţiile viticole depinde de suprafaţa cultivată a trupului viticol, direcţia de producţie, depărtarea faţă de aşezările omeneşti sau centrele de producţie, sistemul de prelucrare a strugurilor etc.

În cazul trupurilor viticole mici a căror suprafaţă nu depăşeşte 50 ha şi sunt situate la distanţa mai mici de 2 km de centrele de prelucrare, nu se recomandă construcţii speciale, prelucrarea strugurilor se va face la cel mai apropiat centru. Asemănător se procedează şi când trupurile viticole sunt mari, vinificarea urmând a se efectua la combinate moderne, situate la depărtare convenabilă.

Dacă suprafaţa cultivată cu viţă de vie este mare şi este amplasată la distanţa mai mare de 2 km faţă de aşezările populate sau de centrele de prelucrare, se proiectează

centre de producţie în ferma viticolă. Acest centru de prelucrarea trebuie să fie adaptat cu instalaţii pentru presarea strugurilor, urmând ca mustul se fie transportat cu cistemele la centrele de vinificare.

Se recomandă ca la fiecare fermă viticolă să existe un canton cu dormitoare, bucătărie, sursă de apă, hale de sortat strugurii, magazie de materiale etc.

Schema de organizare interioară a unei plantaţii viticole în care sunt prezentate toate elementele componente ale formei de organizare specifice acestei folosinţe se prezintă în fig.3.12.

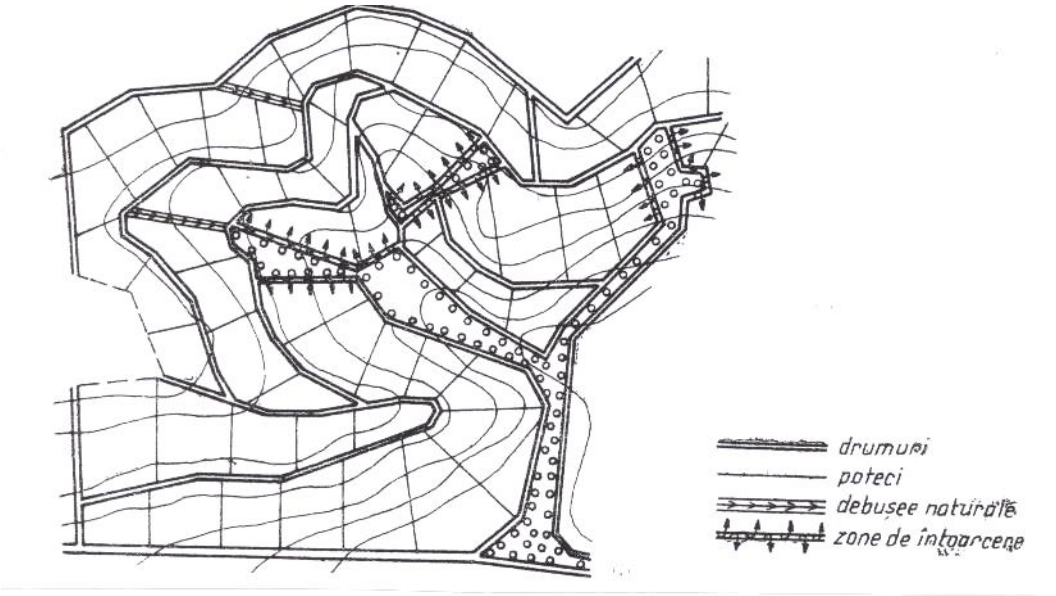



Fig.3.12. Organizarea interioară în plantaţia viticolă

*Amplasarea plantaţiilor ajutătoare şi de protecţie.* În situaţia unor plantaţii viticole unde există suprafeţe cu pantă mare şi foarte puternic erodate, se recomandă împădurirea lor pentru protejarea solului şi obţinerea de material lemnos, necesar în fermă. De asemenea, se prevăd pentru împădurire suprafeţele limitrofe ravenelor, lăţimea plantaţiei de protecţie fiind de circa 10 m. Terenurile mlăştinoase sunt rezervate pentru răchitării.

*Alimentarea cu apă a fermei.* Asigurarea apei potabile în fermă, se face printr-o captare specială de apă potabilă sau prin racordarea la reţeaua de apă a unei localităţi. Dacă cantitatea de apă potabilă nu poate fi asigurată în totalitate prin cele două moduri, se recomandă completarea cantităţii de apă necesară în plantaţia viticolă prin lucrări de captarea din scurgerea superficială sau prin captarea izvoarelor de coastă, dacă există această posibilitate în plantaţie.

*Stabilirea lucrărilor antierozionale.* La elaborarea proiectului de organizare a teritoriului, prin înfiinţarea plantaţiei de viţă de vie, ca parte componentă a proiectului, se stabilesc şi măsurile antierozionale, prin care se precizează pe unităţi şi întregul masivul tot complexul de lucrări antierozionale.

### 3.4.2. Lucrări antierozionale în plantaţia viticolă

În plantaţiile viticole amplasate pe versanţi, eroziunea solului poate fi controlată prin:

- lucrări antierozionale simple
- lucrări hidrotehnice speciale

***A. Lucrările antierozionale simple*:** sunt lucrări eficiente în plantaţiile viticole situate pe versanţi uniformi, cu pante mici şi soluri neafectate puternic de eroziune, dintre care se pot enumera:

1. *Efectuarea de lucrări adânci ale solului*. Înainte de infiinţarea plantaţiei se recomandă executarea de lucrări de desfundare pe adâncimea de 50-80 cm, care afânează solul mărindu-i astfel capacitatea de infiltrare şi de reţinerea a apei din scurgerile de la suprafaţa terenului. Desfundatul se execută după ce s-a proiectat organizarea teritoriului, pe suprafaţa de teren aferentă numai plantaţiei viticole, fiind excluse suprafeţele aferente reţei de circulaţie, zonele de concentrare a apelor, zonele predispuse la alunecări,etc.;
2. *Folosirea de îngrăşaminte organice verzi*. Se pot realiza prin folosirea culturilor intrecalate de leguminoase anuale (mazăre, lupin ş.a) a căror masă vegetală la maturitate se încorporează în sol ca îngrăşământ verde, prin aratură. Astfel, se reduce cantitatea de sol erodat (de 2 – 6 ori, Costache I. Şi col.) şi se îmbunătăţeşte fertilitatea solului;
3. *Folosirea de benzi înierbate*. Sunt lucrări care se aplică în plantaţiile viticole cu pante de până la 10-12% în zonele cu precipitaţii abundente. Benzile înierbate au lăţimi de 1 m între rândurile de viţă de vie, la distanţe de 30-40 cm faţă de axul rândului, iar amplasamentul se schimbă anual.
4. *Executarea de biloane sau microbazine.* Se execută primăvara odată cu prima lucrare adâncă a solului prin două brazde executate la cormană cu plugul reversibil sau cu rariţa (fig. 3.13).

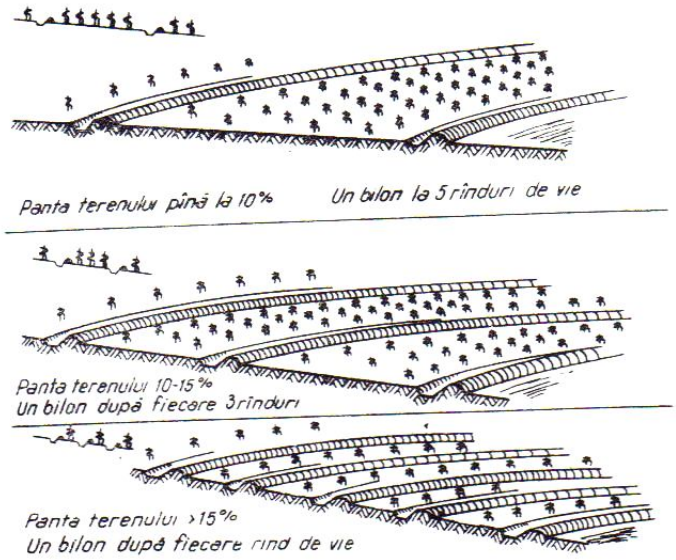

Panta terenului pînă la 10%
Un bilon la 5 rînduri de vie
Panta terenului 10-15%
Un bilon după fiecare 3 rînduri
Panta terenului >15%
Un bilon după fiecare rînd de vie

Fig.3.13. Executarea biloanelor în funcţie de panta terenului

În plantaţiile viticole înfiinţate pe terenuri cu pante de până la 5% se va urmări satisfacerea cerinţelor viţei de vie faţă de expoziţia terenului, precum şi asigurarea de dimensiuni optime ale tarlalelor în scopul efectuării mecanizate a lucrărilor agricole.

Pe terenurile cu pante cuprinse între 5-12% rândurile de viţa de vie se amplasează paralel cu sensul curbelor de nivel ceea ce determină ca şi lucrările agrotehnice să se execute pe aceeaşi direcţie. Distanţa între rânduri fiind mai mare (2,2—3,0 m) se pot crea rigole şi biloane cu ajutorul plugului reversibil, care reduc mult pierderile de sol prin eroziune.

**B. Lucrări hidrotehnice speciale.** Sunt lucrări care se aplică pe terenurile cu pante mari, cu microrelief frământat pentru controlul scurgerilor şi al eroziunii, sunt mult mai eficiente decât lucrările simple dar şi mult mai costisitoare. Din această categorie de lucrări fac parte:

*1. Lucrările de modelare – nivelare.* Se impune a se executa când versanţii prezintă neuniformităţi care favorizează scurgerile concentrate şi apriţia de rigole, ogaşe sau ravene, precum şi pe versanţii cu potenţial de alunecare. Prin aplicarea acestor lucrări se uniformizează versanţii creând astfel condiţii favorabile pentru reducerea eroziunii precum şi condiţii optime pentru proiectarea şi exploatarea plantaţiilor viticole. Nivelarea în pantă se execută la nivel de tarla (rareori pe parcele individuale) cu decopertarea orizontului superior al solului sau fară decopertare. Decopertarea ridică mult costul investiţiei şi de aceea este folosită numai pe versanţii uniformi, nedesţeleniţi, neerodaţi, care şi-au păstrat fertilitatea, însuşire care este afectată prin mişcările de terasamente impuse de operaţia de nivelare-modelare. Decopertarea se execută pe fâşii pe direcţia deal-vale prin imprăştierea volumului de pamânt decopertat de pe faşia din spre aval catre cea din amonte. Nivelarea fără decopertare se foloseşte pe versanţii cu soluri profunde, formate pe loessuri sau luturi loessoidizate.

Se recomandă ca pe versanţii care urmează a se terasa, modelarea să se execute concomitent cu lucrarea de terasare deoarece se asigură o reducere însemnată a volumului de terasamente şi a consumului de energie cu aproximativ 25%, comparativ cu executarea separată a lucrărilor.

2. *Lucrările de dirijare a scurgerilor de suprafaţă (debuşee, canale de coastă).*

*Canalele de coastă* reprezintă lucrări speciale antierozionale, care au rolul de a intercepta apa scursă de pe versanţi şi de a determina fie infiltrarea ei (canale de nivel), fie dirijarea ei prin debuşee (fig.3.14 a, b) spre un emisar apropiat (canale înclinate). Canalele de nivel se folosesc în zonele cu precipitaţii <500 mm/an iar cele înclinate în zonele mai umede, cu precipitaţii > 500 mm/an, pe pante variind între 10—25%. În plantaţii viticole terasate se pot execută şi pe pante până la 35%. Se recomandă versanţi uniformi (dacă sunt denivelaţi vor fi aplicate măsuri de nivelare), cu soluri având textura medie, fără pericol de alunecare şi cu eroziunea slabă sau moderată.

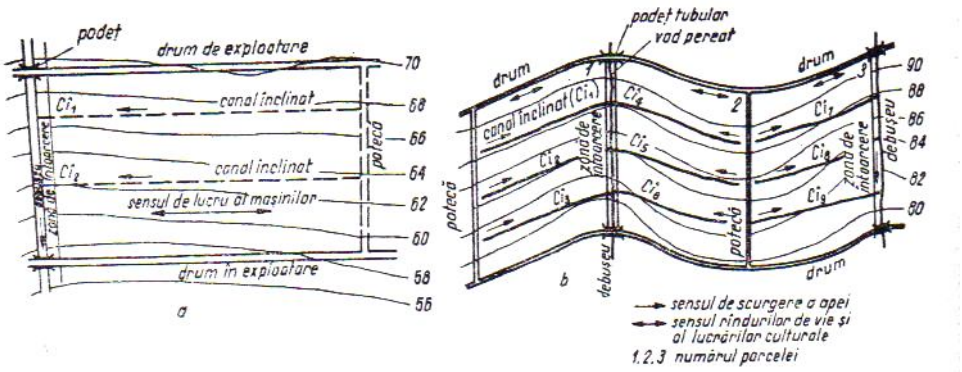



Fig.3.14. Amplasarea canalelor înclinate
(a – parcelă cu pantă uniformă; b – parcelă cu relief ondulat)

Canalele de coastă au secţiunea trapezoidală, parabolică sau triunghiulară, sunt amplasate paralel cu curbele de nivel (canale de nivel) sau cu o pantă longitudinală de 3 - 1,2‰ spre debuşeu (canale înclinate). Pamîntul rezultat din săparea canalelor se depune în aval sub forma de diguleţ, lăsând de obicei şi o mică bermă de 0,5 m (fig.3.15).

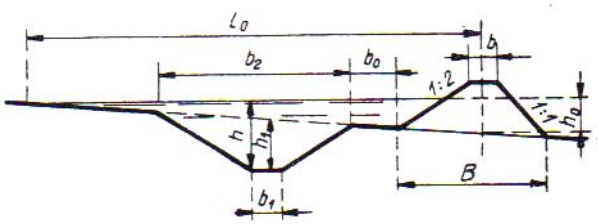



Fig.3.15. Canal trapezoidal cu diguleţ şi bermă:
$L_0$ - lungimea luciului apei; b – lăţimea coronamentului; $b_1$ – lăţimea la fund a canalului; $b_2$ – lăţimea canalului la partea superioară, $b_0$ – bermă; B – ampriza diguleţului; h – adâncimea apei; $h_1$ – adâncimea canalului; $h_0$ – înălţimea activă

La canalele de nivel, diguleţele la capete se prelungesc în amonte sub forma de pinteni pentru a evita scurgerile de apă din canal. Elementele privind dimensiunile canalelor de nivel cu secţiunea trapezoidală sunt prezentate în tabelul 3.19. În privinţa canalelor înclinate, (Mihaiu Gh., 1968) recomandă pentru canalele cu secţiunea trapezoidală urmatoarele elemente:

- lăţimea la fund a canalului 0,3-0,5 m;
- adâncimea canalului 0,3-0,5 m;
- înclinarea taluzurilor-1/1-1/1,25;
- panta maximă a canalelor să nu depăşească 3% dacă se consolidează prin brazde de iarbă sau înierbare.

Tabelul nr.3.19.

Dimensiunile canalelor trapezoidale cu bermă *(După Moţoc, 1974)*

| Elemente de construcţie | Notaţia folosită | Dimensiunii folosite, în m: | |
|---|---|---|---|
| | | maximă | minimă |
| Înălţimea activă totală | *h* | 1,50 | 1,60 |
| *Diguleţul* | | | |
| înălţimea | *ho* | 0,70 | 0,30 |
| Lăţimea | *b* | 0,50 | 0,30 |
| Taluzul uscât | | I/I | 1/1 |
| Taluzul udat | | 1/2 | 1/1,5 |
| Lăţimea la baza | *B* | 2,50 | 1,30 |
| Lăţimea bermei | *bo* | 0,60 | 0,20 |
| *Canalul* | | | |
| Adâncimea | $h_1$ | 0,50 | 0,30 |
| Taluzul | | 1/1 | 1/1 |
| Lăţimea la fund | $b_1$ | 0,50 | 0,30 |
| Lăţimea la gură | $b_2$ | 2,50 | 1,35 |

Distanţele între canale variază în funcţie de panta terenului între 20 m pentru panta de 20% şi 35 m pentru panta de 10%.

Volumul de apă pe 1m liniar de canal pentru secţiunea transversală se calculează cu relaţia:

$$S = \frac{b_1 + b_2}{2} h_1 + \frac{h_0^2}{2l} = \frac{1}{2}\left[(b_1 + b_2)h_1\right] + \frac{1}{2} \cdot \frac{h_0^2}{1}$$

$$S = \frac{1}{2}\left[\frac{h_0^2}{1} + (b_1 + b_2)h_1\right]$$

Volumul de apă reţinut de canal trebuie comparat cu volumul scurs de pe suprafaţa din amonte a canalului la ploi maxime în 24 ore cu asigurare de 10%.

Execuţia canalelor cuprinde curăţirea şi arătura amprizei diguleţelor, săparea propriu-zisă a canalelor şi realizarea diguleţului cu pământul obţinut din săpătură. Diguleţul va fi tasat, iar apoi taluzurile vor fi consolidate prin înierbare sau brazde de iarbă.

O atenţie deosebită trebuie acordată întreţinerii canalelor de coastă, deoarece se colmatează uşor şi-şi reduc repede capacitatea de reţinere sau transport. În acest scop se vor face verificări periodice, mai ales după ploi torenţiale, când este necesară decolmatarea pentru a le menţine la secţiunea proiectată. La sfârşitul iernii canalele se curăţă de zăpadă pentru a putea primi apele rezultate din topirea zăpezii.

Un rol important în funcţionarea canalelor de coastă înclinate revine şi debuşeelor. *Debuşeele* amplasate pe versanţii cu pante de peste 10% se consolidează mecanic, iar pe porţiunile cu panta mai mică, dacă nu există posibilitatea alegerii unor debuşee naturale, se consolidează prin înierbare. Consolidarea mecanică se realizează prin betonare (fig.3.16) sau cu bolovani rostuiţi cu mortar de ciment. La porţiunile cu pante mai mari se vor realiza căderi sau pante forţate. Pentru a nu executa săpătură cu adâncimi mari, căderile se execută cu adâncimi mici 0,30—0,60 m. Căderile se execută din zidărie de piatră sau beton, iar în zonele umede şi cu terenuri instabile şi din fascine. Pe terenurile terasate căderile se vor amplasa în dreptul taluzurilor teraselor. Secţiunea transversală se va mări spre aval unde se concentrează întregul volum de apă colectat. Pentru buna lor funcţionare se impun lucrări periodice de curăţire şi reparaţii.

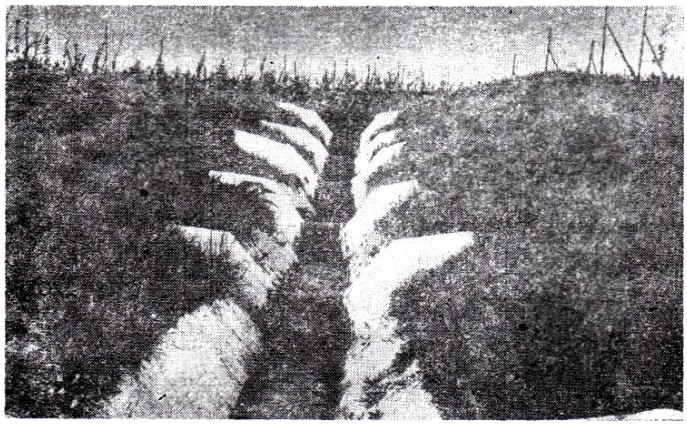


Fig.3.16. Debuşeu consolidat mecanic (prin betonare)

*3. Lucrări de terasare.*

Acest tip de amenajare permite transformarea pantei relativ uniforme pe linia de cea mai mare pantă în trepte; sunt propuşi pentru terasare versanţii a căror pantă este >14% şi pot fi ameajaţi în terase pentru cultura viţei de vie.

La o terasă se deosebesc: *platforma* pe care se plantează viţă de vie şi care se caracterizează prin lăţimi şi pante diferite, dar mai mici decât panta versantului terasat; *taluzul,* cu panta mai mare decât panta versantului (în general 1/1—1/1,5 şi consolidat prin înierbare sau zid de sprijin, gărduleţe etc.

Clasificarea teraselor se face după înclinarea platformelor, natura consolidării taluzurilor şi tehnologia de execuţie şi a maşinilor folosite la construcţie.

*După înclinarea platformei* (fig.3.17):

- terase cu platforma orizontală;
- terase cu platforma înclinată spre aval (în sensul pantei terenului);
- terase cu platforma înclinată spre amonte (în sens invers pantei terenului);
- terase cu platforma înclinată pe ax longitudinal.

*După modul de consolidare a taluzurilor:*

- terase cu taluzuri consolidate biologic (prin înierbare);
- terase cu consolidare mecanică a taluzului (cu zidărie de piatră sau beton).

*După tehnologia de execuţie şi maşinile folosite:*

- terase executate în rambleu-debleu, cu ajutorul maşinilor terasiere (gredere, buldozere, nivelatoare etc.);
- terase executate prin desfundarea terenului cu plugul balansier sau pe cale manuală.

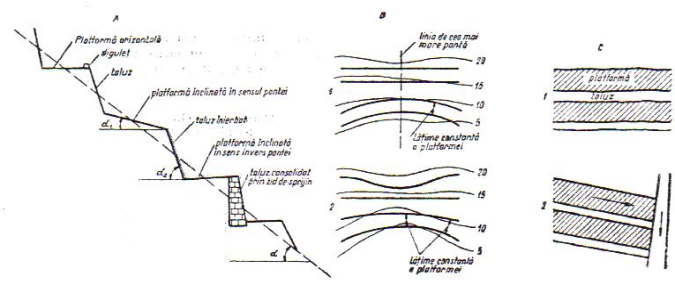



Fig.3.17. Tipuri de terase:
A-după panta transversală a platformei; B-după lăţimea platformei; C-după profilul longitudinal

Terasarea, ca metoda de combatere a eroziunii în suprafată, poate fi aplicată numai în anumite condiţii. Astfel, panta are un caracter limitativ deoarece pe terenurile cu <14% se recomandă alte măsuri mai uşoare şi mai economice. Rezultă că limitele de pantă optime între care se recomandă terasarea variază între14-24%. În ceea ce priveşte textura se consideră ca necorespunzatoare solurile puternic argiloase şi nisipoase. De asemenea, se va renunţa la terasarea terenurilor cu potenţial de alunecare sau cu numeroase izvoare de coastă. O condiţie însă extrem de importantă se referă la felul în care terenul se pretează pentru cultura viţei de vie din punct de vedere al însuşirilor fizico-chimice ale solului, expoziţie etc.

Trebuie analizată şi posibilitatea ameliorării unor aspecte negative, care să permită totuşi folosirea terasarii (de exemplu eliminarea excesului de apă, captarea izvoarelor etc.). Toate aceste aspecte vor fi studiate din punct de vedere tehnico-economic, alegându-se soluţiile cele mai corespunzatoare, în ceea ce priveşte tipul de terasă, efectul antierozional, modul de executie, condiţiile de exploatare, aspectele economice etc.

Ca principiu vor trebui realizate terase cu lăţimea utilă a platformei cât mai mare şi înălţimi de 1,5-2,0 m (pentru terase cu zid de sprijin maximum 3 m, dar numai în zone unde există piatră în apropiere). De asemenea, se vor folosi terase orizontale în zone secetoase, iar terase cu platforma înclinată în zone mai bogate în precipitaţii. Existenţa a numeroase tipuri de terase a impus tipizarea lor în funcţie de elementele de baza ce le caracterizează (tabelul 3.20).

Tabelul nr.3.20

Elementele caracteristice teraselor executate cu panta platformei de 5-8%
(după M.Moţoc, 1975)

| Panta, % | Lăţimea platformei, m | Nr.de rânduri pe platformă | Distanţa de la rândurile marginale la taluz, m |
|---|---|---|---|
| | Distanţa între rânduri 3 m | | 2,5 |
| 14 | 17 | 5 | |
| 15 – 16 | 14 | 4 | |
| 17 – 18 | 11 | 3 | |
| 19 – 20 | 11 | 3 | |
| | Distanţa între rânduri, 2,20 m | | 1,8 |
| 14 | 16,8 | 7 | |
| 15 – 16 | 14,6 | 6 | |
| 17 – 18 | 12,4 | 5 | |
| 19 – 20 | 10,2 | 4 | |
| 21 – 24 | 8,0 | 3 | |

În ceea ce priveşte elementele dimensionale ele se pot calcula luând în considerare unele elemente obligate (distanţa între rândurile de viţă de vie, panta, natura solului care determina valoarea taluzului etc.). În funcţie de numărul de rânduri de viţă de vie *(n)* şi de distanţa dintre rânduri *(D)* necesară, lăţimea platformei ($L_1$) va rezulta din relaţia (fig.3.18):

$$L_1=D(n-1)+d_1+d_2 \quad (m)$$

în care :

$d_1$ şi $d_2$, reprezintă distanţa de la taluz la primul şi respectiv ultimul rând de viţă de vie.

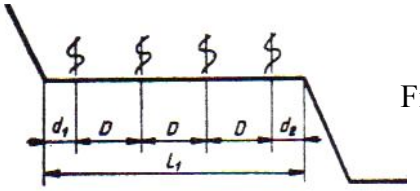



Fig.3.18. Lăţimea platformei în funcţie de distanţa dintre rânduri

Distanţa între rânduri se va alege în funcţie de tipul de tractor folosit, 2,20 m în cazul tractorului viticol pe şenile şi respectiv 3,00 m pentru tractorul universal pe roţi. Executarea lucrărilor pe intervalele marginale cu tractoarele, impune o distanţă până la taluz de 2,50 m pentru tractoarele universale şi 1,80 m pentru tractoarele viticole.

Lăţimea platformei condiţionează şi înălţimea terasei, care nu poate depăşi anumite limite. Formulele de calcul pentru diferite tipuri de terase rezultă din figura 3.19 şi se prezintă în tabelul 3.21.

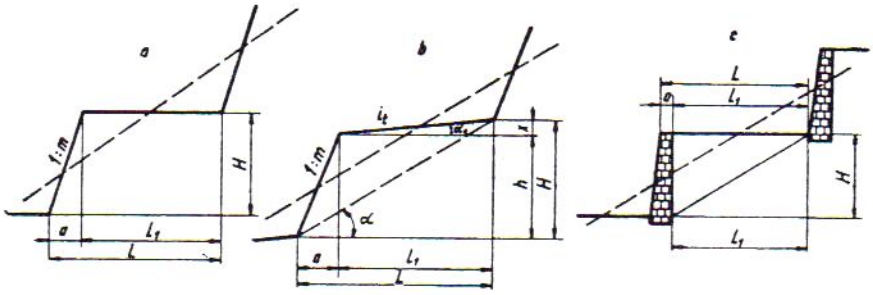



Fig.3.19. Elementele dimensionale ale teraselor

L – lăţimea terasei; $L_1$ – lăţimea platformei; H – înălţimea terasei; h – înălţimea taluzului; a-proiecţia pe orizontală a taluzului; α – unghiul de înclinare al terenului; $\alpha_1$ – unghiul de înclinare al platformei; t – panta platformei terasei

*Construcţia teraselor* se face diferit în funcţie de tipul terasei şi metoda de execuţie. În general ele se execută mecanizat, folosind pluguri de desfundat, gredere sau buldozere şi numai local, pe porţiuni mai frământate, se execută manual. Execuţia începe cu tarlaua din amonte, însă pe tarla se începe din aval spre amonte, după ce în prealabil s-au efectuat lucrările de pregătire (amplasare, trasare, curăţirea terenului etc.). Pentru a obţine terase cât mai uniforme este indicât a se nivela terenul, acolo unde este cazul, înainte de execuţia teraselor propriu-zise.

Tabelul nr.3.21

Relaţii de calcul pentru diferite tipuri de terase

| Elementele terasei | Tipul de terasă | | |
|---|---|---|---|
| | Terase cu platforma orizontală, taluz înierbat fig.3.19 a | Terase cu platforma înclinată şi taluz înierbat fig.3.19 b | Terase cu platforma orizontală şi taluz cu zid de sprijin fig.3.19 c |
| Lăţimea terasei (L) | $L = L_1+Hm$ | $L= L_1+hm$ | $L=L_1+a$ |
| Înălţimea terasei (H) | $H=Li_v=(L_1+Hm)i_v$ $H=\frac{L_1 i_v}{1-mi_v}$ | - | $H=L_1 i_v$ |
| Înălţimea taluzului (h) | - | $h=H- L_1 i_t$ $h=Li_v - L_1 i_t$ $h=\frac{L_1(i_v-i_t)}{1-mi_v}$ | - |
| Lăţimea platformei terasei ($L_1$) | $L_1=\frac{H(1-mi_v)}{i_v}$ | $L_1=\frac{h(1-mi_v)}{i_v-i_t}$ | $L_1=\frac{H}{i_v}$ |
| Volumul de terasamente pe metrul liniar de terasă (V) | $V=\frac{L_1 H}{8}+\frac{H^2 m}{8}$ | $V=\frac{L_1 h}{8}+\frac{h^2 m}{8}$ | $V=\frac{L_1 H}{8}$ |

Terasele se pot realiza după metoda rambleu-debleu sau a desfundării.

*Metoda rambleu-debleu* constă în săparea şi deplasarea pământului din amonte de axul terasei spre avalul axei, în limitele lăţimii terasei (fig.3.20). Este recomandabilă pe pante mai mari şi se poate realiza în condiţii bune prin utilizarea buldozerului.

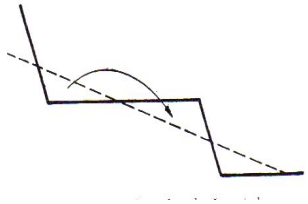


Fig.3.20. Execuţia teraselor după metoda debleu-rambleu

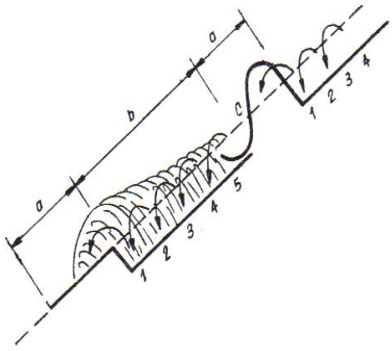



Fig.3.21. Execuţia teraselor prin desfundatul în benzi

Realizarea teraselor prin *desfundatul* în benzi (fig.3.21) constă în delimitarea pe teren a unor benzi înguste (1,2-2,0 m) care nu se desfundă şi a unor fâşii mai late (4-10 m) care se desfunda într-un anumit sens (şanţurile sunt paralele cu marginea platformei, iar pământul săpat se aruncă din amonte spre aval).

Terasele se pot executa în acest mod cu plugul balansier, obţinând un randament mare la pante până la 28-29%.

Pentru a asigura trecerea maşinilor de pe o terasă pe alta, la pante mai mari ca 25%, se prevăd rampe de racordare ce se realizează printr-o curbă cu raza de 5-6 m şi în contrapantă în partea de curbură (fig.3.22).

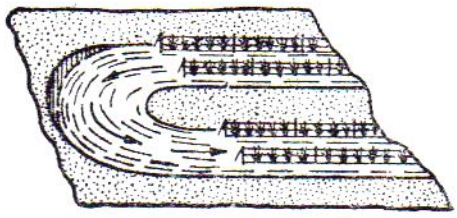


Fig.3.22. Rampe de racordare a teraselor la zonele de întoarcere

Consolidarea biologică a taluzurilor prin înierbare se recomandă a se realiza primăvara sau vara după ploi, prin însămânţarea în rigole (folosind o cantitate de sămânţă dublă faţă de însămânţarea în câmp şi un amestec corespunzator zonei naturale amenajate).

Consolidarea mecanică prin zid de sprijin foloseşte ca material piatra sau betonul. La zidurile din beton sau piatră legată cu mortar de ciment se prevăd barbacane (deschideri în zid cu dimensiuni de 10/15 cm prin care se scuge apa provenită din infiltraţii).

Lucrările de întreţinere trebuie să fie corespunzatoare pentru a se asigura efectul lor atât asupra producţiei cât şi asupra fenomenelor de combatere a eroziunii. Din acest punct de vedere este necesar să se respecte anumite condiţii la plantarea viţei de vie, exploatarea plantaţiei şi a lucrărilor de amenajare. Astfel, se impun:

- plantarea în rânduri orientate în lungul terasei, cu respectarea distanţelor faţă de marginile taluzurilor;
- întreţinerea covorului biologic realizat prin înierbarea taluzurilor;
- repararea zonelor deteriorate ale taluzurilor şi a zidurilor de sprijin,
- nivelarea eventualelor şiroiri.

## 3.5. PREVENIREAŞI COMBATEREA EROZIUNII SOLULUI ÎN PLANTAŢIILE POMICOLE

Ca amplasament, plantaţile pomicole sunt concentrate în special pe terenuri în pantă. Din acest motiv sunt necesare rezolvarea unor aspecte legate de cultura propriu-zisă dar şi a problemelor de prevenire şi combatere a eroziunii solului. In raport cu plantaţiile viticole, plantaţiile pomicole prezintă unele caracteristici legate de organizarea teritoriului şi de executarea lucrărilor antierozionale.

### 3.5.1. Organizarea teritoriului în plantaţiile pomicole

Organizarea teritoriului în plantaţiile pomicole ridică în general probleme asemanătoare cu cele din plantaţiile viticole. Apar totuşi unele deosebiri în ceea ce priveşte marimea şi denumirea unităţilor teritoriale pentru plantaţile obişnuite sau semiintensive. Astfel, în plantaţiile pomicole se deosebesc:

*Parcelele* - care reprezintă unităţile teritoriale pentru soi (uneori pentru specie) şi nu sunt separate între ele prin poteci. Suprafaţa variază între 2-8 ha pentru pante mai mari de 20% şi 8-18 ha pentru pante mai mici de 20%.

*Tarlaua,* fiind unitatea de bază pentru executarea lucrărilor în plantaţie, este delimitată pe linia de cea mai mare pantă de zone de întoarcere, iar pe direcţia curbelor de nivel de drumuri principale. Lungimea tarlalei este cuprinsă între 300 - 800 m, iar lăţimea între 70 – 200 m. Tarlalele se amplasează cu latura lungă paralelă cu direcţia curbelor de nivel.

Tarlaua se împarte în parcele numai dacă într-o tarla se cultivă mai multe specii de pomi.

*Trupul pomicol* în suprafaţă de 100-500 ha corespunde aceloraşi caracteristici ca şi în plantaţiile viicole, inclusiv drumuri, construcţii etc.

### 3.5.2. Lucrări antierozionale în plantaţiile pomicole

Lucrările antierozionale (agrotehnice, amenajări hidrotehnice) diferă într-o anumită măsură în plantaţile pomicole în comparaţie cu plantaţile viticole. Datorită faptului că pomii se plantează la distanţele mai mari (între rânduri şi pe rând), lucru ce permite pe de o parte aplicarea unor măsuri agrotehnice specifice şi utilizarea suprafeţei dintre rânduri pentru culturi intercalate în fâşii, benzi înierbate etc., iar pe de altă parte amenajări hidrotehnice speciale (agroterase, canale de coastă, terase), cu dimensiuni sau tipuri determinate de specificul culturii (ex. - terase individuale).

Sistemul de întreţinere a solului, avînd un rol important atât în ceea ce priveşte creşterea pomilor cât şi în privinţa combaterii eroziuni, a determinat realizarea a numeroase studii care să precizeze metodele cele mai adecvate. Metodele utilizate (înţelenit, ogor negru, culturi intercalate de plante agricole) se aplică în mod diferenţiat în funcţie de condiţiile naturale. În zonele de stepă şi silvostepă, pe pante până la 8%, se poate folosi ogorul negru însă pe pante mai mari se recomandă numai culturi intercalate în fâşii. Pe terenurile ce nu se pot ara şi care ramân înţelenite, se recomandă lucrarea solului în jurul pomilor (pe o raza de 1-2 m). Mulcirea este de asemenea recomandată deoarece dă rezultate foarte bune, folosindu-se în acest scop, paie, anumite resturi vegetale, etc.

În ceea ce priveşte lucrările hidrotehnice, în plantaţile intensive se folosesc terase cu platforme continui, iar în plantaţile semiintensive agroterase şi canale de coastă.

Canalele de coastă se amplasează la fiecare al doilea rând de pomi pe pante sub 10% şi la fiecare rând pe pante mai mari de 10 %. Pe terenurile cu exces de umiditate şi mai grele se folosesc canale înclinate (cu panta 1,5-2%) iar în zone secetoase, fără pericole de alunecare, se folosesc canale orizontale.

Terasele utilizate în mod obişnuit în plantaţile pomicole sunt terasele continui cu platforma orizontală sau înclinată şi cu taluzurile consolidate prin înierbare sau cu zid de sprijin. Caracteristicile dimensionale ale teraselor în funcţie de felul plantaţiilor (cu port înalt sau port pitic) şi panta terenului sunt indicate în tabelul 3.22.

Tabelul nr.3.22

Tipuri de terase cu platforma continuă pentru plantaţii pomicole

| Panta terenului | Terase cu platforma orizontală | | | | | | Terase cu platforma înclinată 10 – 12 % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Plantaţii cu port pitic | | | Plantaţii cu port înalt | | | Plantaţii cu port pitic | | | Plantaţii cu port înalt | | |
| | Lăţimea pe orizontală | | Nr. rând | Lăţimea pe orizontală | | Nr. rând | Lăţimea pe orizontală | | Nr. rând | Lăţimea pe orizontală | | Nr. rând |
| | Platf. m | Taluz, m | | Platf. m | Taluz, m | | Platf. m | Taluz, m | | Platf. m | Taluz, m | |
| 18-20 | 6 | 2 | 2 | 6 | 1,50 | 1 | 10 | 2 | 3 | 6 | 1,5 | 1 |
| 20-28 | 6 | 2 | 2 | 5 | 2 | 1 | 6 | 2 | 2 | 5 | 2 | 1 |
| 28-35 | 3 - 4 | 2 | 1 | 3 - 4 | 3 | 1 | 3 – 4 | 2 | 1 | 3 - 4 | 2 | 1 |
| 35-40 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | 3 | 1 |

Pentru versanţii cu pante mari (peste 20%), cu denivelări accentuate, greu de nivelat, unde nu se pot executa terase continui, există posibilitatea realizării teraselor individuale. Acestea se caracterizează prin faptul că platforma se execută numai, în jurul pomului pe o raza de 1-2 m, avînd o formă circulară sau rectangulară (fig.3.22).

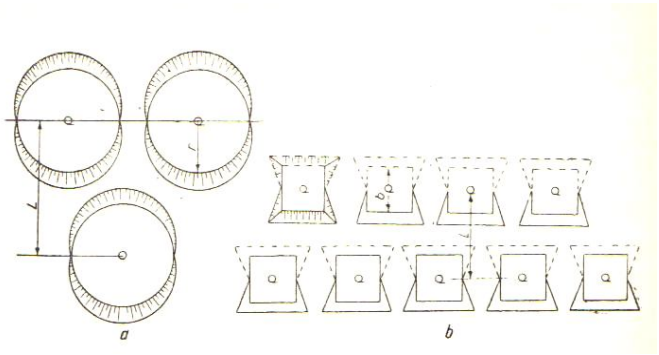
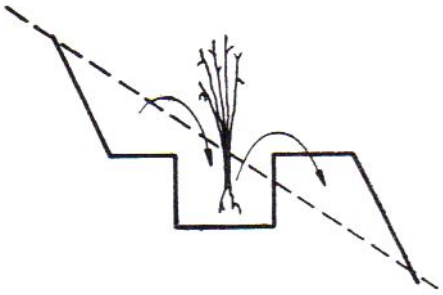


Fig.3.22. Terase individuale cu platforma circulară (a) şi rectangulară (b)
L – distanţa dintre rândurile de pomi, ce corespunde axului terasei; r – raza terasei circulară;
b – lăţimea terasei rectangulare

Taluzul se consolidează prin înierbare, zid de piatră sau gărduleţ. Suprafaţa ramasă neterasată între pomi se foloseşte ca fâneaţă. Platformele teraselor individuale pot fi înclinate (4-5%), în zonele cu umiditate suficientă şi orizontale în zonele secetoase.

Deoarece în cazul acestui tip de terase lucrările de întreţinere a plantaţiei nu se pot efectua mecanizat, ele nu se recomandă pentru plantaţii pe suprafeţe mari. Metodele de execuţie a teraselor trebuie stabilite în funcţie de caracteristicile plantaţiilor. Astfel, pentru plantaţile cu port pitic se recomandă execuţia prin desfundat, iar pentru plantaţile cu talie înaltă, pe pante mai mari de 28%, execuţia în rambleu-debleu. În ceea ce priveşte realizarea teraselor individuale, ele se pot executa odată cu plantarea.



Astfel, după înlăturarea stratului vegetal din zona terasei individuale, pământul rezultat din executia gropii pentru plantare se depune în aval. În acest mod rezultă platforma terasei din avalul pomului. La plantare groapa se umple cu pamânt din amonte, realizîndu-se astfel întreaga platformă (fig.3.23).

Fig.3.23. Executarea unei terase individuale

În cazul în care terenul nu este prea frământat este posibil ca prin lucrările de întreţinere ce se execută în jurul pomilor să se lărgească treptat platformele, astfel încât ele să devină terase continui.

## 3.6. PREVENIREA ŞI COMBATEREA EROZIUNII SOLULUI PE PĂŞUNI

Terenurile în pantă folosite ca paşuni au fost supuse de-a lungul timpului unor procese continue de eroziune, datorită în special păşunatului neraţional, neaplicării unor măsuri corespunzatoare agrotehnice şi ameliorative, precum şi a unor condiţii naturale care au favorizat aceste procese (terenuri frământate, pante mari, clima etc.). Producţiile foarte scăzute ce se obţin de pe astfel de păşuni şi spălările masive de sol ce au loc au determinat necesitatea aplicării unor măsuri complexe, ce s-au dovedit deosebit de eficace în ameliorarea paşunilor degradate şi anume: măsuri de organizarea teritoriului, măsuri pentru îmbunătăţirea covorului ierbos şi lucrări speciale pentru reţinerea apei pe versanţi.

### 3.6.1. Organizarea teritoriului

Prin lucrările de organizarea teritoriului se stabilesc condiţiile de amplasare judicioasă a tarlalelor şi parcelelor de păşunat, a drumurilor, alimentării cu apă, eventualele schimbări de folosinţă, precum şi toate măsurile antierozionale.

În ceea ce priveşte amplasarea parcelelor trebuie avută în vedere orientarea lor cu latura lungă pe direcţia curbelor de nivel, ea urmînd a fi de 24 ori mai mare decât lăţimea. Suprafaţa unei parcele se va determina cu ajutorul relaţiei :

$$S=\frac{M}{P}n$$

în care :

S – suprafaţa unei parcele (ha)

M - este cantitatea de furaj necesară pentru grupa de animale repartizată (kg) ;

P - producţia de masă verde ce se obţine la ha (kg) ;

n - numărul de zile de păşunat pe parcelă.

Drumurile, folosind un traseu cât mai scurt, se vor trasa pe direcţia curbelor de nivel, putându-se admite înclinări de maximum 2-12%. Ele vor fi mai largi, circa 10-30 m în funcţie de numărul de specii de animale şi vor ocupa o suprafaţa de maximum 0,5 - 0,8% din suprafaţa totală a păşunii.

Asigurarea apei necesare se va face prin captarea izvoarelor sau din alte surse apropiate (pâraie, bazine de acumulare) şi crearea de adăpători speciale prevăzute cu umbrare (2-4 $m^2$ umbrare pentru o unitate vită mare).

### 3.6.2. Măsuri pentru îmbunătăţirea covorului vegetal

Asigurarea unui covor vegetal bine încheiat reprezintă una din măsurile importante pentru combaterea eroziunii pe păşuni. În acest scop este necesară aplicarea unui complex de lucrări, care să asigure, acolo unde este posibil, refacerea şi îmbunătăţirea covorului ierbos existent (prin distrugerea muşuroaielor, fertilizare, supraînsămînţare), iar pe pajiştile aflate într-un stadiu foarte avansat de degradare, transformarea lor în păşuni şi fâneţe prin lucrarea solului, fertilizare şi însămînţare.

Distrugerea muşuroaielor se face mecanizat (cu buldozerul) sau manual (când densitatea lor e mică), cu pământul rezultat nivelându-se eventualele denivelări din apropiere.

Fertilizarea se va realiza cu îngrăşăminte, în doze moderate, în funcţie de condiţiile naturale şi asociaţiile de plante existente.

Supraînsămânţărea se face cu amestecuri valoroase de ierburi sau chiar cu o singură specie, stabilite ca adecvate pentru fiecare zona naturală. Trebuie avut în vedere ca după aceasta lucrare să nu se păşuneze un an.

În cazul transformarii pajiştilor naturale în păşuni şi fâneţe artificiale se impune în primul rând pregătirea patului germinativ (prin arătura pe curbele de nivel, iar pe pante peste 25% se va utiliza grapa cu discuri), îngrăşarea (gunoiul de grajd şi fosforul se vor da odată cu arătura) şi apoi însămânţărea cu amestecuri corespunzatoare zonei naturale. Însămânţărea se recomandă să se facă primăvara devreme şi să fie urmată de tăvălugit.

### 3.6.3. Lucrări speciale pentru reţinerea apei

Lucrările speciale pe terenurile în pantă utilizate ca păşuni au rolul de a determina reţinerea apei din precipitaţii sau topirea zăpezii prin favorizarea infiltraţiei şi dirijarea scurgerilor spre debuşee. Pe terenurile cu pante peste 20% şi afectate de eroziuni puternice se recomandă *desţelenirea numai în fâşii,* alternând fâşii, desţelenite cu fâşii nedesţelenite şi cu lăţimi de 10-25 m în funcţie de pantă. Fâşiile nedesţelenite vor fi şi ele desţelenite în al doilea an, după ce vegetaţia se va încheia pe fâşiile desţelenite şi însămânţate.

Brăzduirea se poate aplica atât pe păşunile ameliorate cât şi pe cele naturale în zone cu deficit de umiditate. Ea constă în trasarea unor brazde pe direcţia curbelor de nivel la distanţele de 5-8 m între ele şi adânci de 20—25 cm. Brăzduirea se execută toamna târziu sau primăvara devreme. Brăzduirea se recomandă pe pante de până la 25-30%, iar pentru a evita ruperea lor se pot executa întreruperi pe traseul lor la distanţele de 20-30 m şi dispuse în forma de şah.

Cu maşini speciale (tăvălug greu prevazut cu colţi) se pot executa *gropi mici* dispuse uniform pe suprafaţa păşunii şi care au rolul de a reţine apa din precipitaţii.

Prin scarificarea păşunilor până la adâncimea de 20-25 cm s-au obţinut rezultate bune în combaterea eroziunii şi sporuri de producţie de 20-25%.

Valurile de pamînt se pot folosi şi pe păşuni în zonele de stepă şi silvostepă, dar ele trebuie însoţite de măsuri pentru îmbunătăţirea covorului ierbos. Deoarece ele nu contribuie la reţinerea apei în apropierea locului unde au căzut picăturile de ploaie (datorită distanţei relativ mari dintre valuri) M.Moţoc (1963) recomandă că această masură să se folosească numai în bazinele de recepţie ale ravenelor.

Perdelele forestiere de protecţie se vor planta în zonele de cornişă, la rupturi sau schimbări de pantă. Suprafeţele puternic erodate cu numeroase forme ale eroziunii în adâncime şi alunecări vor fi plantate în masiv.

## 3.7. COMBATEREA EROZIUNII ÎN ADÂNCIME

Eroziune în adâncime reprezintă o formă avansată a eroziunii de suprafaţă care se dezvoltă treptat de la forme ale eroziunii incipiente spre forme ale eroziunii de adâncime. Concentrările mici de apă sub forma unor şuvoaie, sapă o mică rigolă spre care se scurg cantităţi de apă tot mai mari determinând sporirea capacităţii sale de erodare şi manifestare prin noi forme specifice ale eroziunii. Eroziunea în adâncime determină anual scoaterea din circuitul agricol a unor suprafeţe însemnate de teren, sunt stânjenite lucrările agricole cu mijloace mecanice, contribuie la colmatarea lacurilor de acumulare, la degradarea căilor de comunicaţie şi la poluarea cursurilor de apă. Astfel, această formă de eroziune contribuie cu peste 30% din efluenţa aluvionară a râurilor din România (Cîmpeanu S., Bucur D., 2005).

Din aceste motive, alături de necesitatea protecţiei ecosistemelor se impun măsuri de stăvilire a fenomenelor erozionale care să ducă la stăvilirea formaţiunilor eroziunii încă din fazele incipiente de manifestare.

### 3.7.1. Formaţiunile eroziunii în adâncime şi dezvoltarea lor

Eroziunea în adâncime se caracterizează prin mărimea formaţiunilor şi, mai ales, prin caracterul lor de formaţiuni permanente. Formele de eroziune a solului sub care se prezintă sunt: rigolele, ogaşele şi ravenele. Aceste formaţiuni permanente se înâlnesc fie independent, izolate, fie suprapuse peste reţeaua hidrografică veche care a rezultat prin eroziunea geologică.

**Rigolele de şiroire** au adâncimi de 0,2 – 0,5 m, talvegul aproape paralel cu suprafaţa terenului şi secţiune transversală care permite trecerea utilajelor agricole pentru efectuarea lucrărilor solului. Frecvent, rigolele nu au legătură directă cu reţeaua hidrografică, prezentându-se ca nişte şanţuri mici, izolate, amplasate neregulat pe versanţi.

**Ogaşe1e** sunt forme mai evoluate, provenind din dezvoltarea rigolelor în adâncime, lungime şi lăţime în timpul unor ploi succesive sau a unei ploi torenţiale. Ele se prezintă sub forma unor şanţuri aşezate, în general, pe linia de cea mai mare pantă a versanţilor, putând fi izolate de reţeaua de scurgere sau formându-se pe talvegurile reţelei hidrografice vechi. Secţiunea ogaşelor este neregulată sau adeseori în formă de "V", cu adâncimea de 0,5 – 3,0 m şi lăţimea 0,5 – 8,0 m. Lungimea este relativ mică, iar panta fundului ogaşelor

este aproape egală cu panta terenului. După mărime lor, ogaşele pot fi: ogaşe mici – cu adâncimea mai mică de 0,5 m, mijlocii – cu adâncimea de 0,5 – 1,0 m şi ogaşe mari – cu adâncimea de 1,0 – 2,0 m.

**Ravenele** sunt forme avansate ale eroziunii în adâncime, iau naştere prin dezvoltarea ogaşelor şi prin schimbarea profilului de fund a acestora, cu aspectul unei văi ramificate. Pot avea adâncimi mai mari de 3 m, ajungând chiar la zeci de metri (20-30 m), iar lăţimea între 8 - 50 m, ajungând în cazuri mai rare chiar la 100 m. Fundul ravenelor, spre deosebire de al rigolelor şi ogaşelor, nu mai are aceaşi pantă cu suprafaţa terenului, adâncindu-se în partea superioară sau prezentându-se în trepte, fenomen care se datorează alternanţei de roci cu coeziuni diferite.

Dezvoltarea unei ravene active are loc în lungime, adâncime şi lăţime. În lungime, ravena se dezvoltă prin vârful/vârfurile ei, înaintând spre amonte şi atingând chiar cumpăna apelor dacă nu se intervine cu lucrări de stăvilire. Inaintarea se face prin surparea pământului datorită umezirii lui la bază (în general circa 3 – 5 m, anual), dar şi în funcţie de natura terenului şi cantitatea de apă care se scurge prin secţiunea ravenei. În lăţime, dezvoltarea ravenei se face prin surparea malurilor abrupte şi are loc până în momentul stingerii ravenei, când malurile ajung la înclinarea naturală a terenului şi se inerbează natural. Prin dezvoltarea în lăţime a ravenei se pierde cea mai mare suprafaţă de teren. Dezvoltarea în adâncime a ravenei se datorează eroziunii de fund şi aceasta se produce până se atinge profilul de echilibru al ravenei sau până când ravena ajunge la un ,,profil longitudinal format" (Băloiu, V., 1965), profil care depinde de condiţiile locale şi care în cele mai multe cazuri se realizează când vârful ravenei se apropie de cumpăna apelor.

### 3.7.2. Părţile componente ale formaţiunilor torenţiale

Părţile componente caracteristice ale unei formaţii torenţiale sunt bazinul de recepţie, reţeaua de scurgere şi conul de dejecţie (fig.3.24).

*Bazinul de recepţie* reprezintă suprafaţa de teren de pe care se colectează apele şi materialele transportate la viituri. El este situat în partea superioară a formaţiunii eroziunii în adâncime şi constituie locul ei de origine. De mărimea, forma, panta, acopenirea cu vegetaţie etc., a bazinului de recepţie, depinde caracterul curentului de viitură şi mărimea lui.

*Reţeaua de scurgere* este compusă din formaţiunile eroziunii în adâncime, obşinuit din ogaşe şi ravene. Acestea reprezintă porţiunea din punctul întâlnire a apelor colectate din bazinul de recepţie şi până la conul de dejecţie. La reţeaua de scurgere se disting : vârful sau vârfurile, fundul şi taluzurile sau malurile. Formaţiunea cea mai evoluată din reţeaua de scurgere se numeşte *canal de scurgere reprincipal* şi în lungul lui se scurge debitul maxim de viitură.

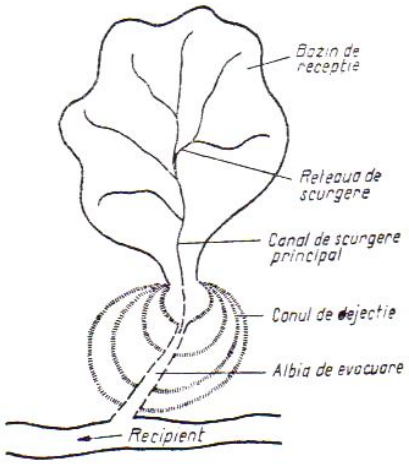


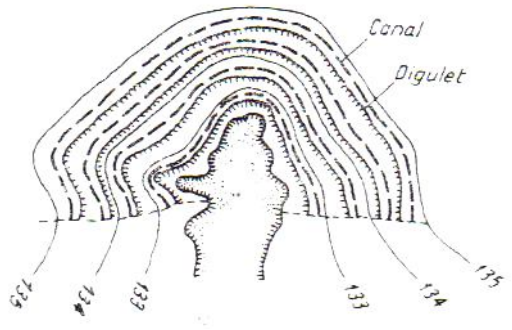

Fig.3.24. Părţile componente ale unei formaţiuni torenţiale

**Conul de dejecţie** este locul de depunere al materialului transportat de apă, care poate provoca mari distrugeri ale obiectivelor înâlnite pe traseul său, prin inundare şi acoperire cu diverse materiale. Sunt situaţii în care conul de dejecţie lipseşte, iar apele încărcate cu materiale diverse sunt evacuate direct în colector.

În raport cu părţile componente ale unei formaţiuni torenţiale, lucrările de combatere se împart în *lucrări în bazinul de recepţie*, *lucrări pe reţeaua de scurgere* şi *lucrări în zona conului de dejectie*. După natura lor, lucrările de stingere a formaţiunilor eroziunii în adâncime se grupează în *lucrări hidrotehnice, silvice şi agrotehnice*. Lucrările hidrotehnice şi silvice, executăte în reţeaua de scurgere, se diferenţiază după locul de amplasare în lucrări care se execută la vârful formaţiunii, pe fundul formaţiunii şi pe malurile acesteia. După poziţia faţă de axul longitudinal al reţelei de scurgere şi după scopul urmărit, lucrările hidrotehnice de pe fundul formaţiunii sunt lucrări transversale şi lucrări longitudinale.

Ansamblul de lucrări folosit, în combaterea eroziunii în adâncime urmăreşte regularizarea scurgerii pe versanţi şi în formaţiunile eroziunii (în reţea), în scopul înlăturării daunelor provocate de viituri zonelor populate, căilor de comunicaţie, lacurilor de acumulare, terenurilor fertile, asigurării folosirii economice a suprafeţelor afectate de eroziunea în adâncime, evitării scoaterii din folosinţă a suprafeţelor periclitate prin dezvoltarea formaţiunilor torenţiale etc.

În stabilirea lucrărilor de combatere a eroziunii în adâncime se ţine seama ca prin intermediul lor să se acţioneze asupra cauzelor eroziunii şi nu asupra efectelor acesteia. Lucrările de combatere a eroziunii în bazinul de recepţie, prezentate în cadrul lucrărilor de stăvilire a eroziunii pe categorii de folosinţă, trebuie să asigure reducerea debitelor de viitură, apărarea solului împotriva eroziunii şi valorificarea raţională a terenurilor din bazinul de recepţie.




Pe lângă aceste lucrări, în zona de vârf a formaţiunilor eroziunii în adâncime şi în special a ravenelor se executã uneori lucrări de interceptare a apelor pentru a preveni concentrarea acestora prin canale de coastă orizontale (fig.3.25).

Fig.3.25. Amplasarea canalelor de coastă în jurul vărfului ravenei

### 3.7.3. Lucrări transversale de reducere a pantei formaţiunilor torenţiale

În reţeaua de scurgere a formaţiunilor torenţiale se execută o serie de lucrări care au rolul de:

- a reduce panta de fund şi prin aceasta viteza de scurgere a apei,
- a stăvili dezvoltarea formaţiunii eroziunii în adâncime,
- a crea condiţii favorabile de dezvoltare a vegetaţiei,
- a transforma reţeaua de scurgere într-o zonă de depuneri, pentru a proteja obiectivele importante din aval.

Lucrările transversale se execută pe reţeaua de scurgere în scopul reducerii pantei, a protejării fundului şi malurilor reţelei. Prin aceste lucrări se realizează o serie de trepte (căderi) în lungul cărora se ajunge la o pantă corespunzătoare unei relative stabilităţi a fundului şi malurilor. Această pantă poartă numele de *pantă de proiectare (P)*. Ea se poate stabili prin calcul, folosind formulele care conţin elementele ce caracterizează starea de torenţialitate, sau pe baza observaţiilor şi cercetărilor de teren (este procedeul cel mai indicat).

Cele mai utilizate lucrări transversale sunt: cleionajele, fascinajele, garnisajele, pragurile şi barajele. Prin aceste lucrări se reduce panta fundulul formaţiunilor torenţiale la valorile proiectate (tabelul 3.23).

Tabelul nr.3.23.

Valorile orientative ale pantei de amenajare-proiectare

| Textura solului | Panta de amenajare |
|---|---|
| Soluri uşoare | 0,015 |
| Soluri mijlocii | 0,015-0,030 |
| Soluri grele | 0,010-0,020 |

***Cleionajele*** sunt lucrări transversale executate din împletituri de nuiele (garduri) în scopul stăvilirii adâncirii fundului şi consolidării la bază a malurilor. Aceste lucrări se folosesc mai ales în treimea superioară a reţelei de scurgere sau în treimea mijlocie, dar numai acolo unde apa nu transportă material de dimensiuni mari, care le-ar putea distruge înainte de a se transforma în lucrări active. După înălţimea de la nivelul terenului şi după numărul de garduri ce compun cleionajul, acestea se împart în cleionaje simple şi cleionaje duble.

*Cleionajele simple* sunt construite dintr-un singur gard şi au înălţimea de 0,5–0,7 m deasupra fundului albiei (fig.3.26).

*Clejonajele duble* sunt formate din două rânduri de garduri distanţate între ele până la 1,0 m, spaţiul dintre garduri fiind umplut cu pământ amestecat cu balast, bolovani, mărăcini, paie etc. Cele două rânduri de pari, cu înălţimea deasupra terenului de 0,8—1,0 m si batuţi în pământ 1,2—1,5 m sunt legate între ele prin *moaze*, consolidând transversal cleionajul.

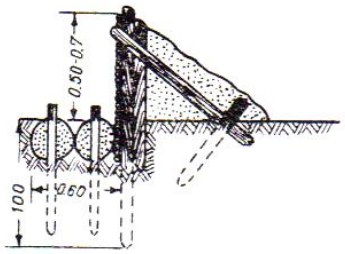



Fig.3.26. Cleionaj simplu

În sens longitudinal, la partea superioară, parii se consolidează cu trei *longrine*, una orizontală la mijloc şi două înclinate pe părţile laterale, cleionajul având la mijloc a formă de cuvetă, care asigură dirijarea apelor spre centrul albiei şi fereşte marginile lucrării de distrugere (fig.3.27). Protejarea cleionajelor se face în amonte printr-un *anterisament*, iar în aval printr-un *radier*.

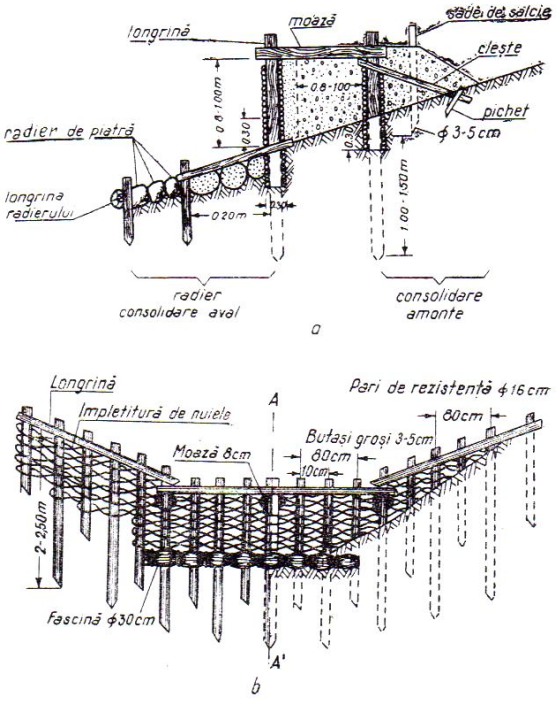



Fig.3.27. Cleionaj dublu
a - secţiune transversală; b - secţiune longitudinală

***Fascinajele*** au acelaşi rol ca şi cleionajele, dar sunt mai rezistente. Ele au corpul format din două sau mai multe fascine simple suprapuse, fixate prin pari cu cârlig (fig.3.28) sau fixate între două rânduri de pari (fig.3.29).

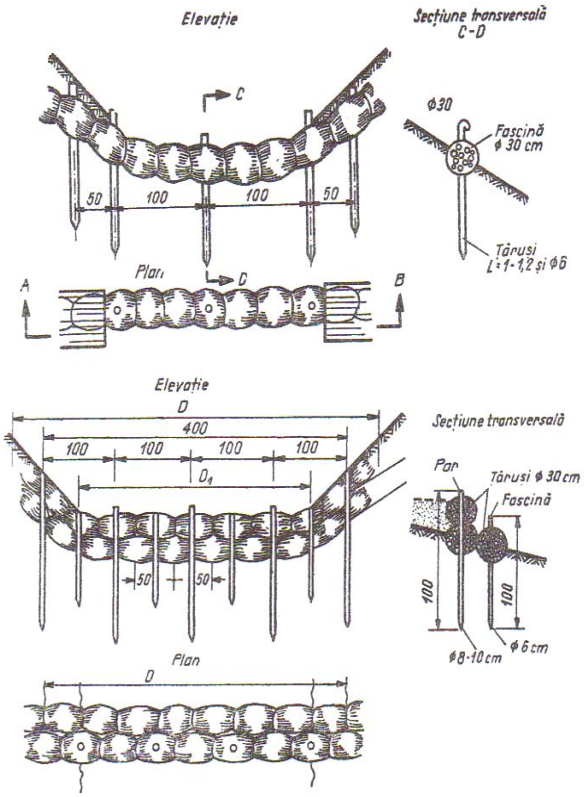



Fig.3.28. Fascinaje simple

Radierul este construit obişnuit tot din fascine sau bolovani. În amonte aterisamentul se plantează aşa cum se procedează şi la cleionaje. În unele situaţii, fascinele sunt umplute cu piatră, în care caz au diametrul de 0,6—l,0 m şi greutate mare.Acestea poartă denumirea de *fascine lestate* (fig.3.30).

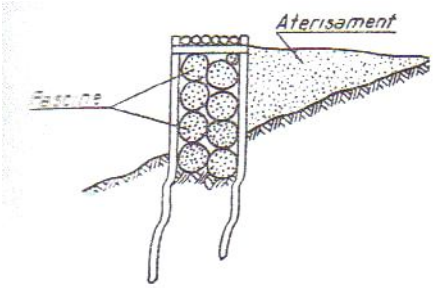



Fig.3.29. Facine fixate între două rânduri de pari

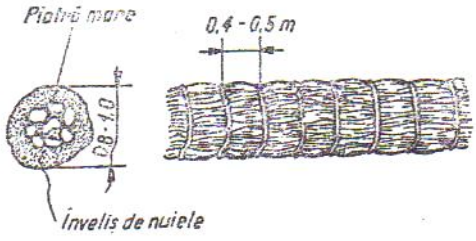



Fig.3.30. Fascine lestate

**Garnisajele** sunt cele mai simple lucrări, constând dintr-o saltea de crengi sau alte materiale lemnoase dispuse în lungul formaţiunii torenţiale, pe toată lăţimea, având o înălţime de 30-50 cm, cu vârfurile îndreptate spre amonte. Crăcile sunt fixate cu longrine (prăjini) transversale prinse pe pari bătuţi în pământ la cel puţin un metru adâncime faţă de nivelul terenului (fig.3.31).

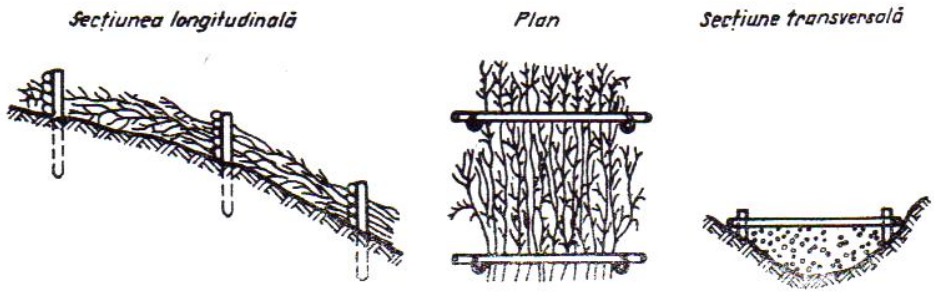



Fig.3.31. Garnisaje

Garnisajele, sunt lucrări care se execută în cazurile când apa transportă materiale fine; datorită rugozităţii mari pe care o au aceste lucrări se pot colmata uşor, prin micşorarea vitezei de curgere a apei favorizând depunerea materialului aluvionar. Aceaste garnisaje se aplică în cazul ravenelor puţin adânci. După ce se colmatează, pentru a fixa definitiv fundul ravenei se plantează specii forestiere.

**Pragurile şi barajele** sunt lucrări tranaversale care se execută în mod obişnuit în partea mijiocie sau inferioară a reţelei de scurgere a formaţiunilor torenţiale. Aceste lucrări pot fi executate din pământ (obişnuit în treimea superioară), din lemn cu piatră, din zidărie de piatră şi din beton. În general, lucrările transversale cu înălţime sub 1,5 m se numesc praguri, iar cele cu înălţime mai mare baraje. Comportarea lucrărilor depinde în mare măsură de locul de amplasare a lucrărilor, de stabilitatea terenului şi de durata de funcţionare a acestora. Locul de amplasare a lucrărilor transversale trebuie să îndeplinească următoarele condiţii (fig.3.32):

- să prezinte condiţii geotehnice corespunzătoare pentru fundaţie şi încastrarea în maluri;
- secţiunea de scurgere a ravenei să fie cât mai îngustă şi suficient de adâncă pentru ca lucrarea să aibă o lungime cât mai mică şi să aibă coronamentul sub cota malurilor;
- traseul ravenei (ogaşului) să fie rectiliniu pentru ca la viituri să nu se producă fenomene de eroziune pe malul concav şi să distrugă lucrarea.

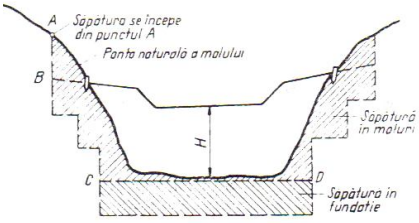
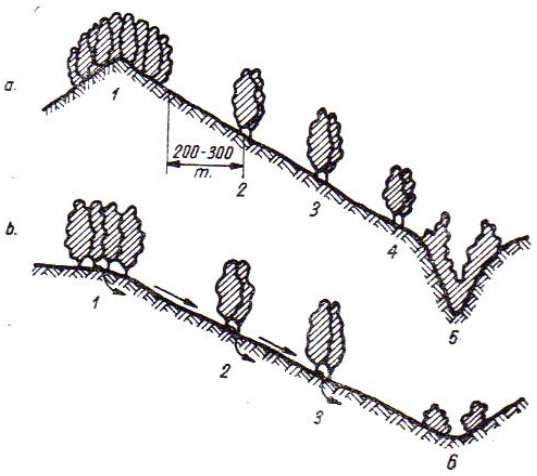



Fig.3.32. Săpătură de fundaţie şi încastrare în maluri

### 3.7.4. Lucrări silvice pentru combaterea eroziunii în adâncime

Ca mijloace eficiente de stăvilire a eroziunii şi de regularizare a scurgerii, lucrările silvice pot fi aplicate în toate părţile componente ale unei formaţiuni torenţiale, care constau în plantaţii de protecţie şi lucrări de susţinere a plantaţiilor.

Plantaţiile de protecţie se aplică în mod diferenţiat în funcţie de felul şi gradul eroziunii, de modul de folosinţă a terenului, de locul de amplasare în raport cu părţile componente ale formaţiunile torenţiale.




Se pot prezenta sub formă de perdele antierozionale, benzi de arbuşti sau împădurire masivă. Perdelele de protecţie se amplasează în bazinul de recepţie, putând fi perdele amplasate pe cumpăna apelor, perdele de protecţie absorbante şi perdele în jurul reţelei de scurgere (fig.3.33).

Fig.3.33. Perdele de protecţie în bazinul de recepţie

Perdelele antierozionale pe cumpăna apelor se amplasează pe toată lungimea şi lăţimea cumpenei apelor, când aceasta este îngustă, sau pe sprânceana cumpenei apelor, la trecerea de la platou la versant când cumpăna apelor este lată (fig.3.34). Aceste perdele au rolul de a reţine şi repartiza uniform zăpada, de a împiedica topirea bruscă a acesteia şi de a reţine o parte din apele ce se scurg pe versanţi.

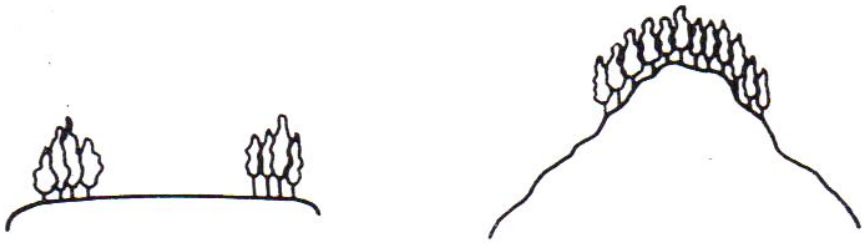


Fig.3.34. Amplsarea perdelelor de cumpănă

Perdelele antierozionale absorbante se amplasează pe versanţi, având rolul de a regla scurgerile de apă de suprafaţă, sunt orientate pe direcţia curbelor de nivel şi au lăţimi de 11-15 m. În funcţie de intesitatea eroziunii şi efectul lor este mai pronunţat în regiunile în care predomină scurgerile provenite din topirea zăpezii faţă de scurgerile provenite din apa ploilor torenţiale şi când au în structura lor cât mai mulţi arbuşti. Distanţa între aceste perdele, în raport de panta terenului şi gradul de eroziune, este de 200-300 m, putând oscila şi în limite mai largi, de la 200-600 m.

Perdelele de protecţie înfiinţate în jurul ogaşelor şi ravenelor creează o zonă de protecţie împădurită pe ambele maluri ale formaţiunii eroziunii în adâncime şi ramificaţiilor active ale acesteia (Fig.3.35).

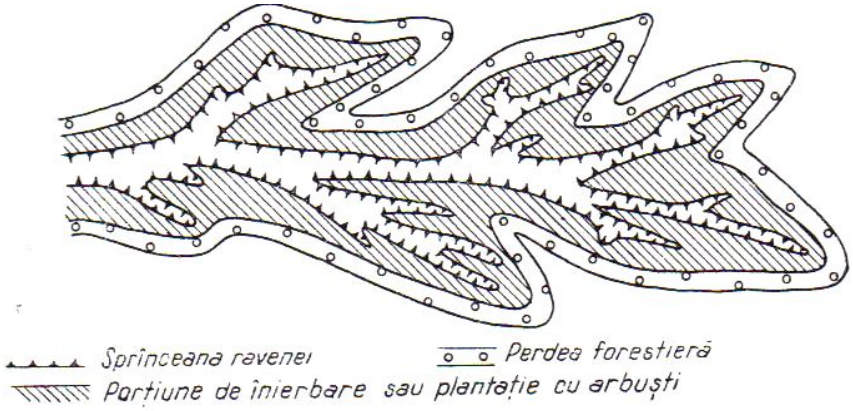



Fig.3.35. Amplasarea perdelelor de protecţie antierozională în lungul reţelei de scurgere

Amplasarea acestor perdele de protecţie poate fi efectiată pe direcţia curbelor de nivel, la obârşia formaţiunii eroziunii în adâncime, între ramificaţiile secundare ale acesteia sau de-a lungul formatiunii (fig.3.36).

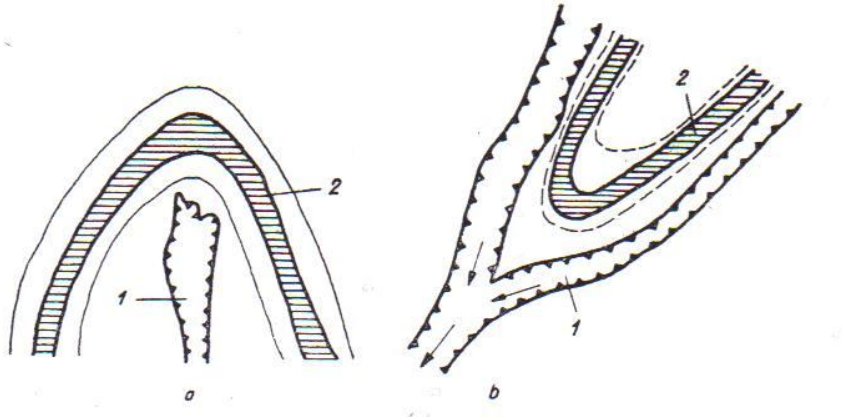



Fig.3.36. Amplasarea perdelelor de protecţie a reţelei de scurgere
a - obârşia ravenei; b - pe curba de nivel pentru stavilirea scurgerii apelor în ravenele secundare; 1 – ravenă; 2 - perdea de protecţie antierozională

Plantaţiile în masiv sau împădurirea totală se pot aplica atât în bazinul de recepţie, cât şi în reţeaua de scurgere sau în conul de dejecţie a formaţiunilor torenţiale.

Reuşita lucrărilor silvice, fie că sunt sub formă de perdele sau plantaţii în masiv, este condiţionată de alegerea corespunzătoare a speciilor, pregătirea terenului, epoca de plantat şi calitatea lucrărilor de plantare, precum şi de lucrările de întreţinere în primii 5-10 ani de la înfiinţarea lor.

**Întrebări:**

1. Definiţi procesul de eroziune şi mecanismul acestuia.
2. Care sunt consecinţele eroziunii solului.
3. Clasificaţi formele de eroziune a solului.
4. Prezentaţi şi caracterizaţi succint factorii favorizanţi ai eroziunii solului.
5. Prezentaţi ecuaţia universală a eroziunii şi definiţi elementele componente.
6. Precizaţi criteriile pentru alegerea lucrărilor de combaterea eropoziunii solului.

7. Clasificaţi lucrările antierozionale.
8. Care sunt măsurile de combatere a eroziunii solului pe terenurile arabile (în plantaţiile de viţă de vie, pomicole şi pe păşuni).
9. Precizaţi care sunt formaţiunile de eroziune în adâncime, modul de evoluţie şi lucrări de amenajare.

**BIBLIOGRAFIE**


| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Ceauşu N. şi col. | - | Îmbunătăţiri funciare, E.D.P., Bucureşti, 1976 |
| 2 | Cîmpeanu S., Bucur D. | - | Combaterea eroziunii solului, Ed.RelAl Premex, Bucureşti, 2005 |
| 3 | Dîrja M. | - | Comaterea eroziunii solului, Ed.Risoprint, Cluj Napoca, 2000 |
| 4 | Gheorghiu I.M. | - | Îmbunătăţiri funciare, EDP, Bucureşti, 1964 |
| 5 | Luca E., Oncia S. | - | Combaterea eroziunii solului. Ed.Alma Mater, Cluj Napoca, 2000 |
| 6 | Luca E. şi col. | - | Exploatarea sistemelor de îmbunătăţiri funciare, Ed.Risoprint, Cluj Napoca, 2008 |
| 7 | Man T.E. şi colab. | - | Hidroamelioraţii, Ed.ApriliaPrint, Timişoara, 2007 |
| 8 | Measnicov M. | - | Imbunătăţiri funciare, EDP, Bucureşti, 1975 |
| 9 | Moţoc M.şi col. | - | Eroziunea solului şi metodele de combatere, Ed.Ceres, Bucureşti, 1975 |
| 10 | Nicolau C.şi col. | - | Îmbunătăţiri funciare. EDP, Bucureşti, 1970 |
| 11 | Pleşa I., Cîmpeanu S. | - | Îmbunătăţiri funciare, Ed.Crisbook Universal, Bucureşti, 2001 |
| 12 | Savu P, Bucur D. | - | Organizarea şi amenajarea teritoriului agricol cu lucrări de îmbunătăţiri funciare. Ed.Ion Ionescu de la Brad, Iaşi, 2002 |
| 13 | Stăncescu L.şi col. | - | Îndrumător tehnic pentru lucrări de îmbunătăţiri funciare. Ed.Ceres, Bucureşti, 1984 |
| 14 | Wehry A. , Panţu H. | - | Amenajări hidroameliorative, Ed. ApriliaPrint, Timişoara, 2008 |

# UNITATEA DE ÎNVĂŢARE - IV

# AMENAJAREA TERENURILOR AGRICOLE CU LUCRĂRI DE IRIGAŢII

**Cuvinte cheie:** irigaţii, capacitate de câmp pentru apă, coeficient de ofilire, plafonul minim, regim de irigaţie, sistem de irigaţie, tipuri de amenajare, metode de udare, udare prin aspersiune, udare prin picurare.

**Rezumat:**

Amenajările pentru irigaţii constituie soluţia tehnică pentru acoperirea deficitului de apă necesar creşterii şi dezvoltării culturilor agricole. Pentru a fi accesibilă apa în sol trebuie să să se afle la o umiditate corespunzătoare intervalului umidităţii active. Prin irigaţie solul trebuie menţinut la o umiditate cuprinsă între palfonul minim şi capacitatea de câmp pentru apă.

Condiţiile tehnice caracteristice alimentării cu apă a solului se precizează în regimul de irigaţie care defineşte norma de irigaţie, norma de udare, data aplicării udărilor şi intervalul dintre udări.

Asigurarea unui consum cât mai uniform de apă pe durata vegetaţiei se face prin coordonarea graficului de aplicare a udărilor.

Infrastructura sistemelor de irigaţie este alcătuită din elemente diferite (canale, conducte, jgheaburi) care preiau debitele necesare, de o calitate impusă, din sursa de apă prin intermediul unor prize (gravitaţionale sau prin pompare) şi o transportă spre punctele de utilizare (ploturi pentru irigaţie).

În funcţie de medoda de udare diferă modul de utilizare al terenului, de la sursa de alimentare a plotului la plantă.

Dimensionarea schemei hidrotehnice pentru irigaţie se face în funcţie de debitul specific de udare, structura culturilor şi cerinţele determinate prin regimul de irigaţie.

Precipitaţiile insuficiente şi, mai ales, distribuţia aleatorie a acestora în perioada de vegetaţie – în strânsă corelaţie cu evoluţia altor elemente climatice-determină pe anumite teritorii (în România pe aproximativ jumătate de suprafaţa agricolă) intervale de secetă cu repercursiuni nefavorabile asupra producţiei agricole şi securităţii alimentare a populaţiei. În Câmpia Dunării şi în Dobrogea, de exemplu, sunt frecvente perioadele de timp de câte 20-30 zile lipsite complet de ploi, iar în anii foarte secetoşi intrevalele fără precipitaţii se prelungesc până la 3 sau chiar 4 luni.

Înlăturarea consecinţelor dăunătoare ale secetelor este posibilă prin aplicarea irigaţiilor.

Irigaţiile constituie ansamblul lucrărilor de îmbunătăţiri funciare prin care se asigură aprovizionarea controlată cu apă a solului, în cantităţi suplimentare faţă de cele primite în mod natural prin precipitaţii, la nivelul cerinţelor plantelor, în vederea obţinerii producţiilor mari şi calitativ superioare.

## 4.1. SISTEMULUL SOL-APĂ-PLANTĂ-ATMOSFERĂ

După cum se ştie, desfăşurarea normală a proceselor fiziologice caracteristice plantelor agricole implică folosirea unor cantităţi mari de apă, încât limitarea consumului hidric prin instalarea secetelor în anumite faze de vegetaţie se repercutează nefavorabil asupra creşterii şi dezvoltării organismului vegetal şi în final asupra nivelului recoltelor.

Obţinerea unor producţii mari de pe terenurile agricole irigate în condiţiile în care sau folosit soiuri şi hibrizi de înaltă productivitate, aprovizionate optim cu elemente nutritive depinde în mare măsură de modul în care sunt dirijate relaţiile sistemului sol-apă-plantă-atmosferă.

Aceste relaţii pot fi dirijate prin intermediul irigaţiei, însă necesită cunoaşterea proceselor privind pătrunderea, înmagazinarea, mişcarea şi pierderea apei din sol, a consumului de apă al plantelor în diferite faze de vegetaţie, a proceselor de acumulare şi spălare a sărurilor din sol, etc. Este necesar deci să se cunoască sistemul radicular al plantelor cultivate, modul lor de aprovizionare cu apă, consumul în diferite faze de vegetaţie, condiţiile climatice, perioadele critice pentru aprovizionarea cu apă, precum şi influenţa nivelului de aprovizionare a solului cu apă asupra producţiei.

### 4.1.1. Aprovizionarea plantelor cu apă

Plantele îşi fac aprovizionarea cu apă prin intermediul sistemului radicular, apa pătrunzând în plantă prin intermediul perişorilor absorbanţi ai rădăcinilor. Apa este absorbită de perişorii absorbanţi datorită diferenţei de potenţial dintre mediul înconjurător şi rădăcini. Această diferenţă de potenţial se datorează fie efectelor osmotice din rădăcini, fie tensiunii care apare în sistemul hidrodinamic al plantei atunci când procesul de transpiraţie este mai intens decât cel de absorbţie. Aprovizionarea plantelor cu apă este influenţată atât de cantitatea de apă accesibilă din sol cât şi de dezvoltarea sistemului radicular al plantelor.

Apa accesibilă plantelor circulă în sol prin capilaritate pe distanţe foarte mici (câţiva centimetri) cu viteză redusă şi de aceea pentru ca plantele să-şi extragă apa necesară în procesul de transpiraţie trebuie să dispună de un sistemul radicular bine dezvoltat. S-a constatat că plantele îşi dezvoltă un sistem radicular mai profund şi mai bine dezvolatat la o umiditate mai redusă în sol în primele faze de vegetaţie, şi de aceea nu este recomandabil să se aplice udări de aprovizionare sau prea timpuri pentru a nu frâna dezvoltarea sistemului radicular. Nu trebuie însă ca rezerva din sol să scadă prea mult, deoarece la umidităţi apropiate de coeficientul de ofilire rădăcinile nu se mai dezvoltă.

### 4.1.2. Accesibilitatea apei pentru plante

Apa accesibilă plantelor se află cuprinsă în intervalul *capacităţii de apă în câmp* (CC) şi *coeficientul de ofilire* (CO), interval ce poartă denumirea de *intervalul umidităţii active* (IUA).

La nivelul capacităţii de apă în câmp, apa este reţinută cu o forţă de sucţiune de 0,33 atm forţă ce creşte până la 15 atm la nivelul coeficientului de ofilire, fapt care indică un grad diferit de accesibilitate. Pentru creşterea şi dezvoltarea plantelor în condiţii optime, aprovizionarea cu apă trebuie să se facă fără un consum mare de energie al plantelor, deoarece odată cu reducerea cantităţii de apă accesibilă creşte consumul de energie al plantelor, fapt care stănjeneşte creşterea şi dezoltarea şi duce în final la diminuarea producţiei agricole; pentru aceste considerente s-au introdus noţiunile de *apă uşor accesibilă* şi *plafon minim.*

*Plafonul minim* ($p_{min}$)– reprezintă limita inferioară a umidităţii uşor accesibile plantelor (corespunde la o sucţiune de 1 atm) şi ca urmare apa uşor accesibilă este cuprinsă între capacitatea de apă în câmp şi plafonul minim.

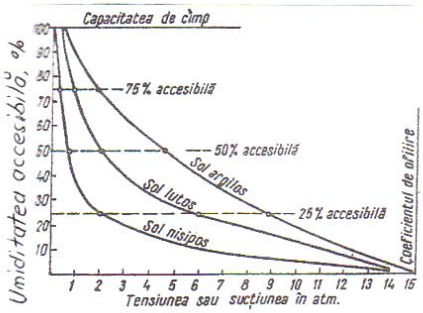



Fig.4.1. Accesibilitatea apei pentru plante

Forţa cu care este reţinută apa în sol la acelaşi conţinut de apă accesibilă diferă de la un sol la altul. Astfel, la plafonul minim corespunzător unei sucţiuni de 2 atm, în solurile nisipoase se află 25% din apa accesibilă, 50% în solurile lutoase şi 75% în cele argiloase, fig.4.1.

În funcţie de textura solului la o sucţiune de 2 atm plafonul minim se poate calcula cu relaţiile:

$p_{min}$ = Co + 1/3 (CC - CO) - pentru soluri nisipoase (uşoare)

$p_{min}$ = Co + 1/2 (CC - CO) - pentru soluri mijlocii şi structură glomerulară,

$p_{min}$ = Co + 1/2 (CC - CO) - pentru soluri argiloase cu structură glomerulară, şi nisipuri de dună, cu textură grosieră şi lipsite de structură, (Botzan, 1970).

Numeroasele cercetări efectuate în ţara noastră arată că pentru majoritatea culturilor de câmp se obţin producţii maxime prin irigarea la $p_{min}$ corespunzător la 50% din IUA pentru anii normali din punct de vedere climatic şi 70% din IUA în anii secetoşi, (I.Pleşa, S.Cîmpeanu - 2005)

Pentru a asigura producţiile mari şi de calitate, plantele legumicole necesită irigarea la un plafon minim mai ridicat de 3/4 din IUA pe solurile medii şi de 1/2 din IUA pe solurile uşoare.

Prin menţinerea rezervei de apă din sol pe adâncimea stratului activ (adăncimea de dezvoltare a masei principale de rădăcini) între plafonul minim şi capacitatea de câmp pentru apă, plantele vor avea în permanenţă la dispoziţie apă uşor accesibilă şi un regim de aer favorabil cuprins între 15-40% din volumul porilor.

Dacă se reduce umiditatea până la coeficientul de ofilire timp de 1-2 zile se poate reduce producţia cu până la 20-25% (depinde de cultură şi faza de vegetaţie a acesteia) şi cu 50% dacă deficitul durează 6 – 8 zile.

Menţinerea nivelului apei din sol pe adâncimea de udare deasupra plafonului minim pe întregul sezon de vegetaţie se asigură numai dacă toate udările se aplică pe toată suprafaţa cultivată cu o anumită cultură, înainte ca rezerva de apă să scadă sub nivelul plafonului minim.

### 4.1.3. Consumul de apă al plantelor irigate

**Consumul de apă sau evapotranspiraţia (ET)** reprezintă cantitatea de apă extrasă de plante din sol pentru acoperirea transpiraţiei, la care se adaugă evaporaţia directă a apei de la suprafaţa solului. Este influenţată de regimul termic, umiditatea aerului şi regimul eolian. Cercetările privind consumul de apă al plantelor au început în România în anul 1945, când au fost înfiinţate primele câmpuri experimentale la: Moara Domnească, Studina, Braila, etc.

În prezent există 25 de câmpuri experimentale amplasate în aproape toate sistemele mari de irigaţiei şi unde se fac observaţii şi măsurători pe perioade de 20 - 25 de ani, (T.E.Man şi colab. - 2007). Cercetările urmăresc determinarea următoarelor elemente:

- Consumul de apă (ET) din perioada de vegetaţie ($m^3$/ha sau mm/h) necesar pentru calculul normei de irigaţiei, care variază între 2.500 - 7.000 $m^3$/ha

- Consumul de apă decadal folosit pentru avertizarea aplicării udărilor şi stabilirea momentului aplicării udărilor.

- Consumul zilnic de apă depinde de perioada de vegetaţie a plantei, fiind mai mic la începutul perioadei de vegetaţie, maxim în fazele critice (înflorire, formarea bobului, etc), care coincid cu perioadele secetoase, după care scade spre sfârşitul perioadei de vegetaţie, find totuşi mai mare decât în prima lună (semănat).

Consumul de apă depinde de modul de aprovizionare cu apă a culturilor. Din acest punct de vedere deosebim:

- evapotranspiraţia reala (ETR) - care redă consumul de apă al unei culturi agricole în condiţii normale de aprovizionare cu apă;
- evapotranspiraţia reală optimă (ETRO) - consumul de apă prin transpiraţia plantelor şi prin evaporaţia de la suprafaţa solului a unei culturi aprovizionată optim.

**Principalele metode de determinare a consumului de apă al plantelor sunt:**

1. Metode directe (in situ):
   - metoda bilanţului apei în sol;
   - metoda lizimetrelor.
2. Metode indirecte, bazate pe corelaţia dintre consumul de apă al plantelor şi evaporaţia liberă la suprafaţa apei folosind evaporimetrul BAC clasa A.

## 4.2. REGIMUL DE IRIGAŢIE

Baza ştiinţifică a irigaţiei o constituie, atât luarea în considerare a tuturor factorilor de care depinde realizarea unor producţii agricole mari: soi, hibrid, sol, apă, plante, îngrăşăminte minerale şi organice etc., cât şi a interdependenţei dintre aceşti factori.

Prin ***regimul de irigaţie*** a unei culturi se înţelege ansamblul de măsuri şi criterii tehnice prin care se determină cantitatea şi momentul aplicării apei de irigaţiei, în raport cu caracteristicile solului, condiţiile hidrogeologice, climă, particularităţile culturii şi ale agrotehnicii acesteia.

La proiectarea amenajării de irigaţie, proiectantul trebuie să determine corect elementele regimului de irigaţiei, în funcţie de care se vor dimensiona instalaţiile de aplicare a udărilor şi implicit reţeaua de transport (canale, conducte) şi de distribuire a apei de irigaţie.

Elementele regimului de irigaţie sunt: bilanţul apei în sol; norma de irigaţie; norma de aprovizionare; norma de spălare; momentul aplicării udării; intervalul dintre udări; schema udărilor; debitul specific de udare (hidromodulul de irigaţie), graficul necoordonat şi coordonat al udărilor.

### 4.2.1. Bilanţul apei în sol

Bilanţul apei în sol - reprezintă diferenţa dintre intrările şi pierderile de apă ale terenului considerat şi serveşte la determinarea necesarului de apă ce trebuie distribuit culturilor prin irigaţii, astfel încât umiditatea din sol, în perioada de vegetaţie, să nu scadă sub plafonul minim.

Necesarul de apă al culturilor irigate se calculează pe o perioadă de o lună folosindu-se un şir de date de minim 25 de ani:

$$N_1 = ETRO - P - A_1 + R_f - R_i \ (m^3/ha)$$

unde:

$N_1$ - consumul de apă lunar al plantei şi pierderile de apă la suprafaţa solului;

$R_f$ - rezerva de apă finală aflată în sol la sfârşitul lunii considerate ($m^3$/ha) ;

P - aportul de apă din precipitaţii din luna considerată ($m^3$/ha);

ETRO - consumul de apă optim ($m^3$/ha);

$R_i$ - rezerva iniţială de apă existentă în sol la începutul lunii de calcul ($m^3$/ha);
$A_1$- aportul freatic ($m^3$/ha)

În practică se întâlnesc 3 situaţii posibile pentru care se scrie bilanţul apei în sol:

***1. Bilanţul apei în circuit închis*** - întâlnit când stratul activ de sol, în care pătrund rădacinile plantelor este separat de pânza freatică printr-un orizont mort. În acest caz, alimentarea cu apă a stratului activ de sol se face natural, prin precipitaţii şi artificial prin intermediul irigaţiei.

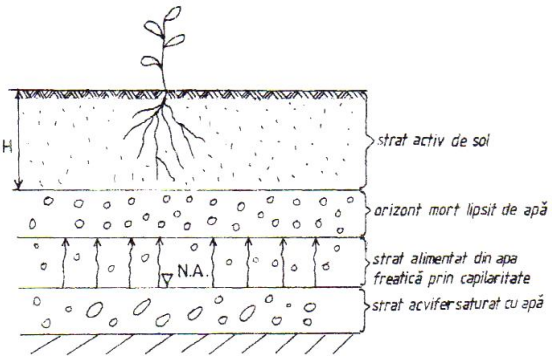



Fig.4.2. Bilanţul apei în circuit închis

Relaţia bilanţului apei pentru cele 6 luni ale perioadei de vegetaţie (1 aprilie – 1 octombrie) este:

$$\Sigma N_l = \Sigma ETRO - cP_i - P_v - a;$$

în care:

$P_i$ - precipitaţiile din perioada de iarnă ($m^3$/ha) ;
$P_v$- precipitaţiile din perioada de vara ($m^3$/ha);
c - coeficient de valorificare a precipitaţiilor din afara perioadei de vegetaţie,
c = 0,6- 0,8;
a - norma de udare de aprovizionare ($m^3$/ha) .

***2. Bilanţul apei în circuit deschis*** – întâlnit când stratul activ de sol este alimentat şi din apa freatică prin capilaritate:

$$\Sigma N_l = \Sigma ETRO + R_f - R_i - P_v - A_f$$

O parte din precipitaţiile de iarnă se pierd în pânza freatică, iar cealaltă parte constituie rezerva iniţială.

***3. Bilanţul apei în circuit închis de spălare*** – se calculează numai pentru terenurile salinizate care urmează a fi ameliorate prin spălare permitând calculul noemei de spălare:

$$D + CC = S + c\,Pi + Rf$$

în care:

D – cantitatea de apă drenată ($m^3$/ha);
CC – capacitatea de câmp pentru apă a solului, ($m^3$/ha);
S – norma de scălare , ($m^3$/ha)
Pentru zonele în care $cP_i \geq CC - R_f$ , nu sunt necesare udări de spălare, considerându-se că $D \geq S$.

### 4.2.2. Norma de irigaţie

Norma de irigaţie (M) - reprezintă cantitatea de apă ce trebuie administrată unui hectar de cultură în perioada de vegetaţie şi în afara ei (udări de aprovizionare sau udări de spălare).

$$M = \Sigma \mathbf{N_1} = \Sigma m + a + S; \ (m^3/ha);$$

unde:

m - norma de udare; ($m^3$/ha);

a - norma de aprovizionare ($m^3$/ha);

S - norma de spălare. ($m^3$/ha);

Norma de irigaţie din timpul perioadei de vegetaţie a culturilor reprezintă cantitatea de apă, exprimata în $m^3$, folosită pentru irigarea în timpul vegetaţiei a unui hectar de teren cu o anumita cultură. Aceasta este egală cu suma normelor de udare aplicate culturii în perioada de vegetaţie ($M = \Sigma N_1 = \Sigma m$).

Calculul normei de irigaţie din perioada de vegetaţie se face cu ajutorul bilanţului apei din sol pentru această perioadă.

Mărimea normei de irigaţiei bazată pe bilanţul apei din sol în circuit inchis:

$$M = \Sigma m = ETRO - (Ri - Rf) - 10cPv;$$

Mărimea normei de irigaţie bazată pe bilanţul apei din sol în circuit deschis:

$$M = \Sigma m = ETRO - (Ri - Rf) - 10cPv - Af$$

unde:

M - norma de irigaţie din perioada de vegetaţie ($m^3$/ha);

Σm -suma normelor de udare ($m^3$/ha);

ETRO - consumul total de apă al culturilor prin transpiraţie optimă ($m^3$/ha);

Ri - rezerva iniţială de apă din sol la semănatul culturii în stratul activ de sol ($m^3$/ha);

Rf - rezerva finală de apă din sol la recoltatul culturilor ($m^3$/ha);

Pv -precipitapile de vara ( mm);

c - coeficientul de valorificare a precipitaţiilor de vară, c=0,80 - 0,85, în funcţie de zona de vegetaţie;

Af - aportul freatic ($m^3$/ha);

### 4.2.3. Norma de udare

Norma de udare (m) - reprezintă cantitatea de apă necesară pentru ridicarea umidităţii solului de la plafonul minim ($p_{min}$) la capacitatea de câmp (CC) pe un hectar şi pe grosimea stratului activ de sol considerat. În proiectare norma de udare netă se calculează cu relaţia :

$$m_{pr.netă} = 100\ H \bullet Gv\ (\mathbf{CC} - Pmin);\ (m^3/ha)$$

unde:

H - adâncimea de umectare a solului (m);

Gv- greutatea volumetricá (t/$m^3$);

CC şi $P_{min}$, sunt exprimate în procente.

Adâncimea de umectare (H) variază în funcţie de cultură şi de faza de vegetaţie de care depind gradul de dezvoltare a sistemului radicular. H = 0,75 - 1,25 m.

Pentru udările de răsărire şi de activare a ierbicidelor se consideră H = 0,25 - 0,3 m.

Relaţia pentru norma netă de udare se corectează cu randamentul de aplicare a apei în câmp**,** obţinându-se relaţia pentru norma de udare brută:

$$m_{pr\ brut} = \eta_c \cdot m_{pr\ net};$$

de unde: $m_{prbrut} = \frac{1}{\eta_c} \cdot 100 \cdot H \cdot G_v (C_c - P_{\min})$

Considerând randamentul udarii în camp $\eta_c = 0.90$ rezultă:

$m_{prbrut} = 110 \cdot H \cdot G_v (C_c - P_{min})$;

Valorile normei de udare brute, pentru diferite culturi variază în funcţie de tipul de sol şi de adâncimea de umectare H.

Tabel nr.4.1.

Variaţia normei de udare în funcţie de sol şi de adâncime

| Tipul de sol | Norma de udare m ($m^3$/ha), pentru | |
|---|---|---|
| | H=0,5m | H=1,0m |
| Sol brun roscat sau freatic umed | 300 | 600 |
| Sol cernoziomoid sau aluvial | 600 | 1.200 |

În exploatare norma de udare se calculează cu relaţia:

$m_{expl} = 110 \text{ x } H \text{ x } G_v (CC - P_{mom})$

în care:

$P_{mom}$ – provizia momentană de apă din sol la momentul aplicării udării (%)

### 4.2.4. Momentul udării şi intervalul dintre udări

**Momentul udării** este momentul din perioada de vegetaţie când, în stratul activ de sol (H), se înregistrează umiditatea ($P_{min}$), adică este momentul în care se impune să aplicăm norma de udare. Cunoaşterea în devans a acestui moment este foarte importantă, având în vedere capacităţile limitate ale echipamentelor de udare şi ale forţei de muncă privind aplicarea şi mutarea echiparnentelor de udare. În acest context este necesar ca norma de udare distribuită cu ajutorul echipamentului mobil de udare să fie aplicată pe întreaga suprafaţă ce trebuie irigată înainte ca în profilul de sol să se înregistreze plafonul minim pentru umiditate. Momentul udării este legat şi de momentele critice ale dezvoltării plantelor.

**Intervalul dintre udări** este perioada de timp după care se revine pe aceeaşi suprafaţă cu o nouă udare. Se mai numeşte timp de revenire ($T_r$) şi se calculează cu relaţia:

$$T_r = \frac{m + P_0}{Epz}$$

### 4.2.5. Debitul specific de udare

Distribuţia normelor de udare la plante, se face în conformitate cu elementele regimului de irigaţie, în funcţie de cerinţele pentru apă ale plantelor (perioade critice), dotările tehnice existente şi forţa de muncă disponibilă.

O normă de udare aplicată pentru o anumită cultură este necesar să fie distribuită într-un timp de udare (T) cuprins între 8 - 20 zile, cu o durată de udare zilnică de maxim 20 de ore. Pentru culturile cu pondere mică în asolament, durata aplicării udărilor $T_o$ = 1 - 3 zile, iar pentru cele cu pondere mare se poate ajunge la 10 - 12 zile.

**Debitul specific de udare sau hidromodulul de udare ($q_u$)** reprezintă debitul exprimat în l/s şi este administrat fiecărui hectar ocupat de culturile din asolamentul practicat pe suprafaţa sistemului de irigaţie. Hidromodulul de udare se determină la cultura din asolament cu cel mai mare consum de apă, folosind relaţia :

$$q_u = \frac{m_i}{3{,}6 \cdot T \cdot t} \qquad \text{(l/s şi ha)}$$

unde:

$m_i$ - norma de udare a culturii ($m^3$/ha) ;

T - durata aplicării udărilor (zile); pentru plantele legumicole se recomandată:

T = 8 - 10 zile;

t - durata zilnică de udare (ore), t = 16-20 ore/zi

### 4.2.6. Debitul de dimensionare al reţelei. Hidromodulul de irigaţie

Metodologiile de proiectare pentru efectuarea calculelor tehnico-economice iau în considerare asigurarea de calcul de 50% în ceea ce priveşte norma de irigaţie

Valoarea normei de irigaţie din luna de vârf cu asigurarea de 80% constituie elementul de bază în dimensionarea sistemului de irigaţie. Pentru a fi dimensionată reţeaua de transport, este necesar ca norma de irigaţie exprimată în volum de apă să fie transformată în debit (exprimat în litri/secundă şi hectar).

**Debitul de dimensionare** al reţelei de transport **($Q_i$)** este debitul administrat unei culturi şi reprezintă cantitatea de apă ce trebuie administrată culturii din asolament; se determină cu relaţia:

$$Q_i = q_u \text{ x } S_i \qquad \text{(l/s)}$$

unde:

$q_u$ – hidromodulul de udare, l/s şi ha

$S_i$ – suprafaţa ocupată de cultura din asolament (ha).

Suprafaţa totală amenajată ($S_t$) a sistemului de irigaţie reprezintă însumarea tuturor suprafeţelor ocupate cu plantele cultivate în asolament:

$$S_t = \Sigma S_i \text{ (ha)}$$

**Debitul total de apă (Q)** reprezintă debitul necesar pentru irigarea tuturor culturilor din asolamentul proiectat, se determină cu relaţia:

$$Q = \sum Q_i \qquad \text{(l/s)}$$

**Hidromodulul de irigaţie (ψ)** aplicat întregii suprafeţe irigate pe suprafaţa $S_t$.

Hidromodulul de udare se calculează pentru fiecare cultură a asolamentului irigat. Când suprafaţa culturilor diferă, situaţie întâlnită în general, se impune calculul hidromodulului fracţionar. În calculul hidromodulului fracţionar se ţine seama atât de mărimea normei de udare, de durata udărilor cât şi de fracţia din asolament a culturii.

$$\psi = \frac{M_{\max}\ \alpha}{3{,}6 \cdot T \cdot t} \text{ (l/s şi ha)}$$

unde:

$M_{max}$ - norma de irigaţiei din luna cu consum maxim a culturii cu cerinţa cea mai mare de apă, în $m^3$/ha;

α – fracţia culturii din asolament;

T – durata udării, zile

t - durata zilnică de udare (ore);

Cu ajutorul hidromodulului de irigaţiei se calculează debitul de dimensionare necesar pentru toate culturile din asolament. Pe baza acestui debit de dimensionare se va dimensiona întreaga reţea de transport, de la staţia de prelevare a apei, până la ultimul element de aprovizionare cu apă a plantelor cultivate (canale, conducte, antene, etc.).

Tot pe baza hidromodulului fracţionar se întocmeşte graficul necoordonat şi coordonat cu ajutorul cărora se stabilesc cu precizie data şi durata udărilor, uniformizarea consumului de apă pe system şi determinarea debitului maxim necesar dimensionării reţelei de irigaţii.

### 4.2.7. Graficul necoordonat şi coordonat al udărilor

Aceste grafice sunt specifice numai proiectarii sistemelor de irigaţii având ca scop calculul debitelor de dimensionare pentru canale terţiare, echipamente mobile de udare, conducte subterane, agregate termice de pompare, statii de pompare de punere sub presiune.

Pentru a se putea întocmi graficul necoordonat al udărilor este necesar să se cunoască debitul specific de udare ($q_i$), hidromodulul de irigaţie ($\psi$) şi debitul total (Q).

Cu aceste elemente se întocmeşte graficul necoordonat al udărilor pentru culturile din asolament. Se reprezintă grafic pe decade, debitele calculate şi durata udărilor respective, pentru întregul sezon de vegetaţie, rezultând astfel graficul necoordonat al udărilor.

Prin întocmirea graficului necoordonat, rezultă că în luna de consum maxim, de obicei iulie-august, este necesar un debit care poate fi asigurat prin dimensionarea staţiei de pompare şi a întregii reţele de transport la un consum maxim. În această situaţie, staţia de pompare şi întreaga reţea de trasport ar fi folosite la capacitatea maximă numai în luna de consum maxim şi această investiţie ar fi neeconomică, fig.4.3.

Pentru reducerea debitului cu consum maxim se trece la coordonarea graficului necoordonat. Acestă coordonare a udărilor se face prin cele trei metode:

1. - se menţine $\psi$ şi durata de aplicare a udărilor, dar se modifică termenul de udare (se aplică udările în avans cu 2 - 3 zile);

2. - se menţine termenul mediu de aplicare a udărilor dar se modifică $\psi$ şi durata de aplicare a udărilor;

3. - se menţine durata şi termenul de aplicare a udărilor, dar se modifică $\psi$.

Printr-o mai bună organizare a udărilor în graficul coordonat, debitul de dimensionare a staţiei de pompare poate fi redus, rezultând astfel o utilizare mai eficientă a tuturor elementelor componente ale sistemului de irigaţii, ceea ce determină şi o investiţie mai mică a întregii amenajări.

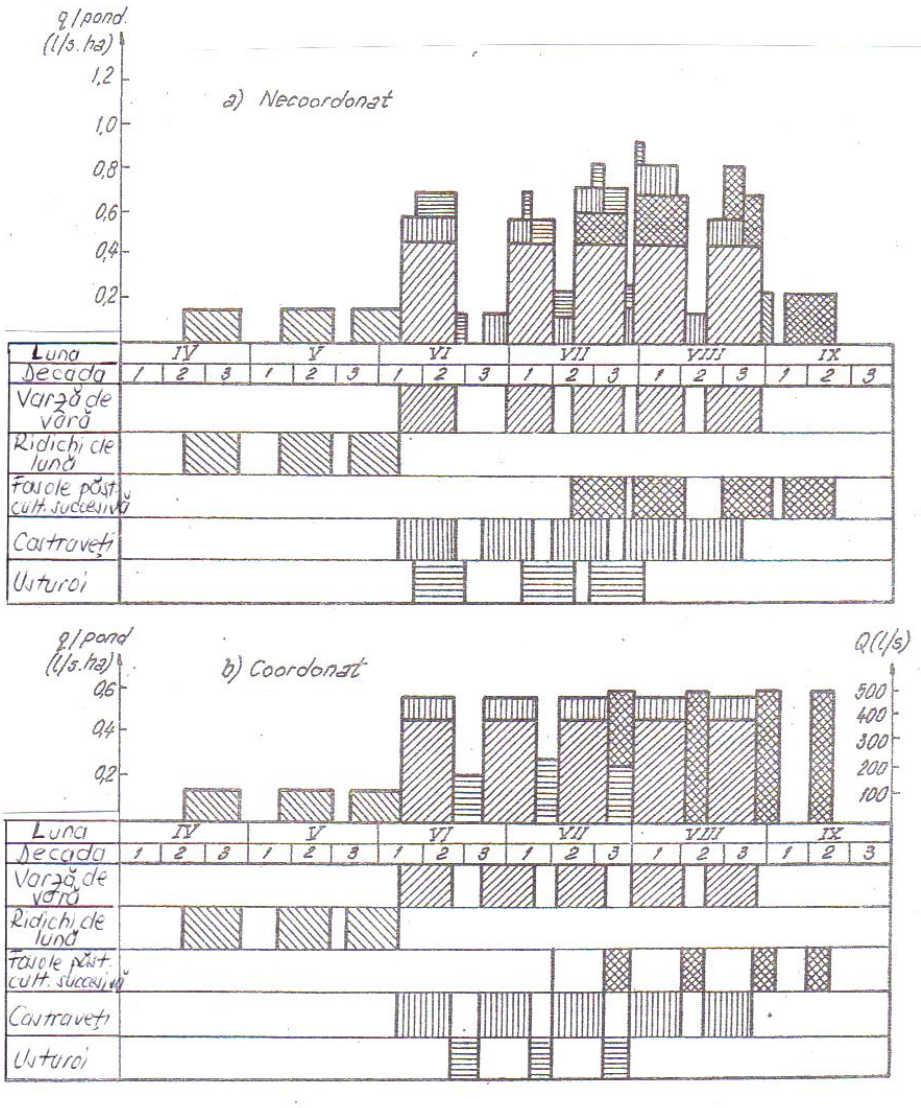



Fig.4.3. Graficul de udare al culturilor din asolament (a – necoordonat; b – coordonat)

## 4.3. SISTEMUL DE IRIGAŢII

Folosirea raţională a irigaţiilor, ca procedeu radical de luptă împotriva secetei, presupune şi aplicarea măsurilor de combatere a eroziunii solului, fertilizarea agrotehnică diferenţiată, combaterea bolilor şi dăunătorilor plantelor cultivate, selecţionarea şi folosirea celui mai valoros material biologic etc.

Pentru irigarea plantelor cultivate pe anumite suprafeţe de teren este necesar să se amenajeze sisteme de irigaţii.

Sistemul de irigaţii reprezintă suprafaţa de teren amenajată cu construcţii, instalaţii şi echipamente prin care se captează debitele necesare din sursa de apă, se asigură transportul apei la suprafaţa de irigat, se realizează distribuţia apei la plante conform graficului udărilor şi se elimină surplusul de apă de pe terenul irigabil.

### 4.3.1. Componentele sistemului de irigaţie

În alcătuirea unui sistem de irigaţii sunt cuprinse: lucrări de captare şi aducţiune a apei, lucrări de amenajare a suprafeţei de irigat şi lucrări anexe pentru întreţinerea şi exploatarea sistemului.

**Lucrările de captare şi de aducţiune a apei.** *Lucrările de captare* sau *priza de apă* constituie ansamblul de construcţi şi instalaţii, amplasate la sursa de apă cu rolul de a prelua şi a transporta până la capătul amonte al canalului de aducţiune, debitul de apă necesar sistemului de irigaţii. Prizele de apă pot realiza captarea pe cale gravitaţională, prin ridicare mecanică (prin pompare) şi mixt.

Lucrările de aducţiune asigură transportul apei de la priză la reţeaua de distribuţie a sistemului.

În condiţiile locale şi tipul de amenajare, pentru aducţiunea apei se folosesc canale şi conducte – care realizează transportul apei – staţii de de pompare pentru ridicarea apei pe traseul aducţiunii la cote superioare necesare şi diferite construcţii hidrotehnice (stăvilare, apeducte, sifoane, vane hidraulice, module cu mască etc) pentru controlul dirijării apei spre reţeaua de distribuţie.

Lucrările de amenajare pe suprafaţa de irigat. Aceste elemente ale sistemului de irigaţii asigură, atât transportul apei de la reţeaua de aducţiune la sectoarele de irigaţii şi în continuare până la plante, cât şi evacuarea apei în exces, provenită din golirea canalelor permanente, precipitaţii etc. aşadar, amenajările pe suprafeţele de irigat cuprind lucrări de distribuţie a apei, lucrări de amenajare a sectoarelor de irigaţii şi lucrări de desecare şi evacuare a surplusului de apă.

*Lucrările de distribuţie a apei* includ canalele şi conductele de diferite ordine de mărime, împreună cu construcţiile hidrotehnice şi dispozitivele hidraulice aferente. Ele au rolul să preia apa din reţeaua de aducţiune şi să o conducă la sectoarele de irigaţii. Cele mai mici elemente ale reţelei de distribuţie sunt canalul distribuitor de sector şi respectiv, antena (conducta de distribuţie care alimentează un sector de irigaţii).

*Lucrările de amenajare a sectorului de irigaţii* asigură transportul apei de la ultimele elemente ale reţelei permanente de distribuţie (canalul distribuitor de sector, antena) la plante. În cadrul sectorului de irigaţii, reţeaua de distribuţie a apei este de tip provizoriu, din pământ (canale provizorii de irigaţii, rigole, brazde, fâşii), sau poate fi alcătuită din conducte transportabile (rigide sau flexibile) şi aripi de udare prin aspersiune.

Amenajarea sectorului de irigaţii mai poate cuprinde dispozitive pentru conducerea, distribuţia şi măsurarea debitelor de apă în câmpul de udare (sifoane, panouri mobile, tuburi de udare etc).

Descărcarea şi evacuarea surplusului de apă din câmpurile irigate se realizează prin intermediul unei reţele de colectare-evacuare, formată din canale terminale care deservesc preaplinurile şi golirile reţelei permanente de alimentare, canale pentru eliminarea surplusului de apă provenit din precipitaţii şi canale de coastă, care colectează apa ce se scurge spre amenajarea de irigaţii, de pe terenurile limitrofe.

*Lucrările anexe pentru întreţinerea şi exploatarea sistemului de irigaţii* cuprind:

- instalaţiile şi dispozitivele pentru măsurarea debitului de apă pe canale şi conducte;
- instalaţiile de telecomunicaţie şi dispecerizare (telefoane, radio-emisie-recepţie, instalaţie de semnalizare etc) pentru comunicări rapide între diferitele puncte ale sistemului;
- reţelele de puţuri hidrogeologice pentru urmărirea dinamicii nivelului şi evoluţiei chimismului apei freatice;

- construcţiile pentru exploatarea şi întreţinerea sistemului de irigaţii (cantoane, sedii de secţie, sedii de sistem);
- drumurile de exploatare agricolă şi hidroameliorativă;
- reţele electrice.

Pentru majoritatea sistemelor mari de irigaţie prin aspersiune din Câmpia Română, sursa de apă este Dunărea, de unde apa este preluată cu ajutorul unei prize de apă şi pompată în reţeaua de conducte de aducţiune (CA) cu ajutoruil unei staţii de pompare de bază (SPB), (fig.4.4.), (Man T.E. şi colab. - 2007).

Dacă pe traseul reţelei de canale şi conducte de aducţiune este necesar se construiesc staţii de repompare a apei (SRP).

Suprafaţa sistemului de irigaţii este împărţită în mai multe ploturi de irigaţie, deservite de o staţie de punere sub presiune (SPP) care are rolul asigurării presiunii apei în conductele de distribuţie (CD), astfel încât să asigure funcţionarea aspersoarelor, montate pe aripile de ploie, legate la hidranţii de pe aceste conducte îngropate.

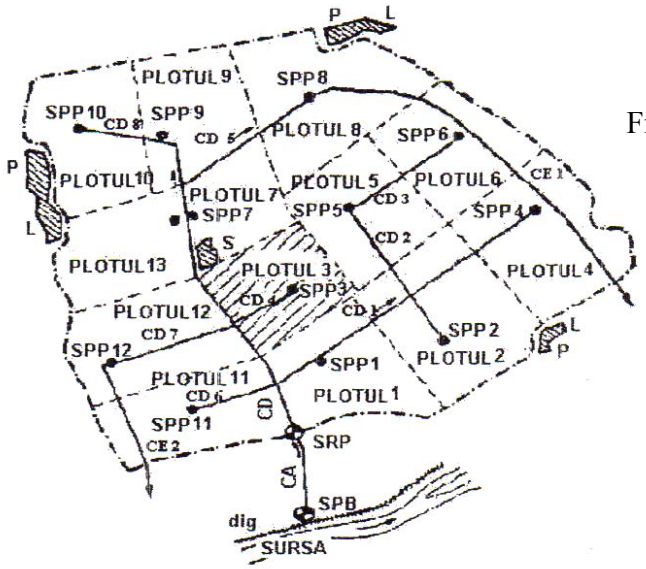



Fig.4.4. Shema de amenajare a unui sistem de irigaţie

SPB – staţie de pompare de bază
SRP – staţie de repompare
SPP – staţie de pompare şi de punere sub presiune
CA – canal de aducţiune
CD – canal distribuitor
CE – canal de evacuare
S – sediul sistemului
P – punct de avertizare a udărilor
L - localitate

La amenajările locale de irigaţie pot să lipsească anumite elemente componente ale sistemului, ca de exemplu, o parte din reţeaua de aducţiune, reţeaua de colectare şi evacuare sau lucrările anexe pentru exploatare şi întreţinere.

### 4.3.2. Clasificarea sistemelor de irigaţii

Cel mai important criteriu de clasificare a sistemelor de irigaţii are în vedere mărimea, complexitatea, gradul de tehnicitate al amenajării, modul de alimentare cu apă şi metoda de udare utilizată.

După mărimea suprafeţei amenajate se disting două mari categorii:
- sisteme mari de irigaţii
- sisteme mici sau amenajări locale.

Sistemele mari din România sunt amplasate în câmpiile şi podişurile din zonele secetoase ale ţării şi ocupă suprafeţe cuprinse între 1.000 – 200.000 ha (sistemul Carasu – 187.000 ha; sistemul Ialomiţa-Călmăţui – 143.000 ha; sistemul Sadova-Corabia – 79.000 ha; sistemul Terasa Brăilei – 72.000 ha etc).

Proiectarea, execuţia şi exploatarea sistemelor mari de irigaţii se realizează în cadrul exploatărilor hidroameliorative complexe care conferă importante avantaje şi anume:

- valorificarea deplină a capacităţii de producţie a terenurilor agricole prin aplicarea irigaţiei, drenajului, combaterii eroziunii solului şi ameliorării solurilor salinizate;
- reducerea suprafeţelor agricole scoase din cultură;
- utilizarea complexă şi eficientă a apei;
- prevenirea degradării solului prin înmlăştinare şi salinizare;
- corelarea între lucrările hidroameliorative şi cele de organizare a teritoriului, asigurându-se cadrul de proiectare a agriculturii intensive;

Amenajarea sistemelor mari de irigaţii este condiţionată, îndeosebi, de sursa de apă, construcţia punctului de priză şi aducţiunea apei pe terenul irigabil. Cele mai mari sisteme de irigaţii din ţara noastră sunt alimentate cu apă din Dunăre.

Finanţarea sistemelor mari de irigaţii realizate în ţara noastră s-a făcut din fondul centralizat al statului, unităţile agricole suportând doar investiţiile referitoare la amenajările interioare ale terenurilor pe care le deţineau.

Sistemele mici (menajările locale) de irigaţii cuprind suprafeţe mici de teren sub 1.000 ha, în medie câteva sute de hectare şi se amplasează în imediata vecinătate a sursei de apă, încât problema aducţiunii se rezolvă fără dificultate. Apa pentru irigaţii în cadrul amenajărilor locale poate fi asigurată din surse de suprafaţă în regim natural (râuri, lacuri), din iazuri formate prin bararea unor văi sau din surse subterane, prin puţuri sau foraje a căror adâncime nu depăşeşte 50 – 60 m.

După modul de alimentare cu apă se deosebesc:

- sisteme de irigaţii cu alimentare gravitaţională
- sisteme de irigaţii cu alimentare prin pompare
- sisteme de irigaţii cu alimentare mixtă

După caracteristicile reţelei de aducţiune şi distribuţie apei există sisteme cu:

- reţele deschise (canale)
- reţele închise (conducte)
- reţele mixte

După metoda de udare folosită se deosebesc următoarele tipuri de amenajări de irigaţii:

- amenajări de irigaţii prin aspersiune
- amenajări de irigaţii prin scurgere la suprafaţă (brazde sau fâşii de udare)
- amenajări de irigaţii prin picurare (rampe perforate, picurătoare)
- amenajări de irigaţii prin submersie (orezării)
- amenajări reversibile drenaj-suirigaţie
- amenajări bivalente (aspersiune-ziua şi brazde de udare - noaptea)
- amenajări complexe (mai multe metode de udare)

### 4.3.3. Studii şi cercetări necesare amenajărilor pentru irigaţii

Elaborarea documentaţiilor pentru proiectarea, executarea şi exploatarea sistemelor de irigaţii se bazează pe studii şi cercetări privind condiţiile naturale şi agroeconomice ale zonei propusă spre amenajare.

Caracterizarea condiţiilor naturale se fundamentează pe studii climatice, topografice, hidrologice, pedologice şi geotehnice.

**Studiile climatice** elaborate pe baza datelor înregistrate la staţiile meteorologice din zona propusă la irigare – pe o perioadă de cel puţin 15 – 20 de zile ani consecutivi – trebuie să cuprindă următoarele elemente:

- temperatura aerului, cu referire la mediile lunare şi anuale şi pe întreaga perioadă, constanta termică, indicele termic, intervalele de îngheţ, adâncimea de îngheţ a solului;
- precipitaţiile atmosferice, cu referire la mediile lunare şi anuale, medii pe perioada de vegetaţie, frecvenţa şi durata intervalelor de secetă, precipitaţiile lunare şi decadele cu asigurarea de 80%;
- vânturile din perioada de vegetaţie, cu referire la frecvenţă şi viteză, pe direcţii şi pe luni;
- alte date privind radiaţia globală şi pe luni, durata efectivă de strălucire a soarelui şi umiditatea aerului în lunile din perioada de vegetaţie.

**Studiile topografice** furnizează datele de planimetrie şi nivelment de pe terenurile propuse a se amenaja pentru irigaţii. Aceste date sunt exprimate în planuri de situaţie (la scări cuprinse între 1:2.000 – 1:10.000), planuri de detaliu (la scările 1:200 – 1:1.000) pe amplasamentele construcţiilor mai importante – prize, staţii de pompare, noduri hidrotehnice, traversări ale căilor de comunicaţie etc – profiluri longitudinale (cu scara lungimilor egală cu scara planului de situaţie şi scara înălţimilor 1:50 – 1: 100) precum şi profiluri transversale (la scara 1:100).

Studiile topografice trebuie însoţite de inventarul de coordonate pentru punctele de triangulaţie şi reperele de nivelment, cu schiţe de reperaj şi descrierea topografică.

**Studiile hidrologice** se referă la reţeaua hidrografică din zonă şi cuprind datele privind:

- debitele caracteristice (maxime, medii, minime, cu diverse asigurări de calcul, în funcţie de normativele în vigoare) şi frecvenţa lor;
- nivelurile caracteristice şi frecvenţa acestora la asigurări de 0,1%, 0,5%, 1%, 2% şi 5% pentru niveluri maxime şi 80%, 95%, 97% şi 99% pentru niveluri minime;
- panta oglinzii apei la niveluri caracteristice, cu precizarea remuului la afluenţi;
- cheile limnimetrice pentru toată gama de debite în secţiunile studiate;
- alte elemente privind: caracteristicile undei de viitură, coeficientul de rugozitate pentru albia minoră şi majoră, regimul gheţurilor, dinamica apei în zona prizei şi a emisarilor, debitul solid la diferite asigurări etc.
- calitatea apei de irigaţii.

**Studiile hidrogeologice** cuprind:

- planurile cu izofreate (scara 1:25.000) având intervalele de reprezentare de 0 – 1 m; 1 – 2; 2 – 3 m; 3 – 5 m; 5 – 10 m; peste 10 m; când se dispune de observaţii pe o perioadă îndelungată de timp, reprezentarea se face pentru niveluri maxime şi minime;
- planurile cu raionarea debitelor (din 10 în 10 l/s), adâncimilor de captare şi distanţei între puţuri;
- regimul nivelurilor apelor subterane, în funcţie de caracteristicile surselor hidrogeologice din zonă;
- încercări experimentale de pompare, care să cuprindă curbele granulometrice ale materialului în care sunt cantonate apele, curbele caracteristice pentru pompări, coeficienţii de infiltraţie, debite etc;
- calitatea apei subterane pentru irigaţii şi sub aspectul agresivităţii asupra materialelor construcţiilor îngropate;

Studiile hidrogeologice trebuie să contribuie la rezolvarea problemelor privitoare la: identificarea sursei de apă subterană, stabilirea pierderilor de apă prin infiltraţie în terenurile irigabile, prognoza hidrogeologică a zonei, stabilirea măsurilor de prevenire a degradării solurilor prin înmlăştinare şi salinizare.

**Studiile pedologice** folosesc, în special, pentru alegerea metodei de udare, stabilirea tipului de amenajare şi calculul elementelor regimului de irigare. Ele cuprind:

- cartograma solurilor (la scările cuprinse între 1: 200.000 – 1:10.000, în funcţie de suprafaţă şi folosinţe) cu gruparea pedoameliorativă şi caracterizarea texturii pentru diferite adâncimi;
- indicii hidrofizici (valori medii ponderate pe adâncimile 0-0,5 m; 0,5-1,0 m şi 1,0-1,5 m);
- caracterizarea chimică a grupelor de soluri delimitate în cartograma solurilor.

Studiile pedologice trebuie să cuprindă şi informaţii referitoare la regimul hidrosalin al solurilor (adâncimea critică de salinizare), fertilitatea naturală şi necesarul de îngrăşăminte, prognoza evoluţiei solului după aplicarea irigaţiei şi măsurile hidroameliorative speciale.

**Studiile geotehnice** contribuie la stabilirea elementelor dimensionale ale construcţiilor din pământ (canale, bazine, gropi de împrumut etc) şi la cunoaşterea condiţilor de fundare a staţiilor de pompare şi a construcţiilor hidrotehnice de pe reţeaua de canale.

Pentru obţinerea datelor geotehnice se execută cartări de suprafaţă precum şi studii de amănunt pe trasee sau amplasamente speciale, prin: foraje de prospectare, puţuri, tranşee deschise etc, elaborându-se planuri cu cartarea geotehnică (scara 1:25.000), profiluri geotehnice pe traseele canalelor ş.a.

Studiile geotehnice trebuie să furnizeze şi datele referitoare la pantele taluzurilor, necesitatea consolidării taluzurilor, tasarea probabilă în ramblee, fundarea construcţiilor, deformaţiile posibile în pământurile macroporice, tehnologia de aplicat la excavarea terenurilor refulante.

**Studiile agroeconomice** cuprind datele referitoare la suprafaţa de teren irigabil înainte de ameliorare şi anume: cadrul economico-administrativ, categoriile de folosinţă ale terenului, supafeţele cultivate şi structtura culturilor, producţiile obţinute, calamităţile provocate de secetă, populaţia activă disponibilă, cheltuielile anuale de producţie, producţia animală, dotarea cu mijloace de producţie etc.

De asemenea, studiile agroeconomice trebuie să permită prognoze privind structura categoriilor de folosinţă a terenurilor, structura plantelor cultivate, producţiile medii preliminate, cheltuielile de producţie etc, în condiţiile create prin aplicarea irigaţiilor.

Studiile şi cercetările speciale sunt necesare adesea pentru elaborarea documentaţiilor tehnice privind amenajarea sistemelor mari de irigaţii şi se referă la încadrarea sistemului de irigaţii în programul general de gospodărire a apelor, corelarea cu studiile de organizarea teritoriului precum şi cu lucrările de desecare şi de combatere a eroziunii solului, experimentarea pe modele hidraulice a unor construcţii mai importante etc.

## 4.4. SURSE DE APĂ ŞI CALITATEA APEI DE IRIGAŢII

Amenajarea sistemelor de irigaţii este condiţionată de apa care trebuie să completeze umiditatea solului în raport cu cerinţele plantelor, considerată atât sub aspect cantitativ cât şi în ce priveşte însuşirile sale chimice şi biologice.

### 4.4.1. Surse de apă pentru irigaţii

Sistemele de irigaţii pot avea ca sursă apele de suprafaţă (apele curgătoare, lacurile naturale şi bazinele de acumulare), apele subterane şi apele uzate.

*Apele de suprafaţă* sunt convenabile pentru irigaţii deoarece se găsesc în cea mai mare cantitate, se pot folosi cu investiţii relativ mici şi în general corespund din punct de vedere calitativ.

Cursurile naturale de apă constituie principala sursă pentru irigaţii. Când debitele acestora (cu asigurarea de 80 – 90 %) nu pot satisface cerinţa de apă pentru irigaţii în perioada cu consumul maxim, se recurge la regularizarea debitelor prin lacuri de acumulare. Regularizarea prin lacuri de acumulare determină amenajarea pentru irigaţii – comparativ cu posibilităţile existente în cazul curgerii în regim natural – dezvoltarea şi a altor moduri de folosire a apei.

În România, cele mai importante sisteme de irigaţii au drept sursă de apă fluviul Dunărea, afluenţii acesteia şi râurile interioare mari. De asemenea, suprafeţe însemnate se irigă cu apă din lacurile de acumulare executate în ultimile decenii.

*Apa subterană* constituie, pentru condiţiile din ţara noastră, sursa de apă pentru irigaţii în unele amenajări locale. În majoritatea cazurilor, apele subterane de pe teritoriul României corespund sub aspect calitativ, încât permit extinderea folosiri acestora ca sursă de apă pentru irigaţii.

*Apa uzată* reprezintă apa evacuată din centrele populare prin reţeaua de canalizare, apa evacuată de întreprinderile industriale, de complexele zootehnice etc. Deoarece aceste ape conţin, de regulă, cantităţi mari de substanţe nocive este necesară epurarea lor înainte de a fi deversate în emisari sau de a fi folosite la irigaţii.

### 4.4.2. Calitatea apei pentru irigaţii

Indiferent de proveniență, apa de irigaţie trebuie să aibă însuşiri fizico-chimice care, analizate în raport cu caracteristicile factorilor naturali şi social economici în cadrul cărora se realizează irigaţia, să permită folosirea ei.

Necesitatea luării în considerare a însuşirilor fizice şi chimice ale apei de irigaţie rezultă din influenţa directă pe care apa distribuită o exercită asupra plantelor, solului şi mediului, în general. Sintetizând rezultatele experienţele efectuate până în prezent, se consideră că principalii parametri care definesc calitatea apei de irigaţie sunt: gradul de mineralizare şi alcanitatea, compoziţia calitativă a sărurilor dizolvate, prezenţa şi concentraţa ionilor foarte nocivi pentru plante, gradul de toleranţă a plantelor la salinitatea şi alcanitatea apei, proprietăţile solului irigat (în special salinitatea, textura, permeabilitatea şi capacitatea de schimb cationic), condiţiile de drenaj, ariditatea climatului, metoda de udare şi regimul de irigaţii aplicate, nivelul de fertilizare cu îngrăşăminte organice ş.a. Dintre elementele enumerate, cele care pot fi influenţate mai puţin prin activitatea antropică sunt cele care se referă la toleranţa plantelor de salinitate şi alcalinitate precum şi la natura solului. În consecinţă, este necesară cunoaşterea influenţei apei de irigaţii asupra plantelor cultivate şi solurilor irigate.

**Influenţa apei de irigaţii asupra plantelor** este favorabilă când conţine elementele nutritive şi este distribuită în cantităţi corespunzătoare. Dacă gradul de mineralizare a apei, conţinutul în elemente nocive sau reacţia acesteia depăşesc anumite limite, atunci plantele suferă sau pier.

Cantitatea mare de săruri solubile în apa de irigaţii favorizează concentrarea soluţiei solului, determină creşterea forţei de sucţiune şi prin aceasta, reducerea cantităţii de apă accesibilă plantelor. Literatua de specialitate cifrează faptul că forţa de sucţiune într-un sol nesalin cu umiditatea de 18,3 % a fost de 2 atm, pentru ca la sol cu conţinutul de 0,55 % săruri solubile şi umiditatea de 18,6% sucţiunea să crească până la 18 atm iar în cazul unui sol cu

1,13 % săruri solubile şi 19,6% umiditate, sucţiunea să atingă 30 atm (Pleşa i. şi Cîmpeanu S., 2001).

Se consideră că la concentraţii de peste 1,0 – 1,5 % recoltele pot fi compromise. Toxicitatea sărurilor solubile asupra plantelor are ca efect deranjarea regimului hidric al plantelor, perturbarea nutriţiei minerale şi fotosintezei şi degradarea metabolismului vegetal. Faţă de toxicitatea sulfaţilor de sodiu şi magneziu, toxicitatea clorurilor de sodiu şi magneziu este de 2 – 3 ori mai mare iar cea a carbonatului de sodiu de 4 – 5 ori mai mare.

Toleranţa la salinitate variază de la o plantă la alta şi chiar la aceeaşi plantă apar diferenţieri pe faze de vegetaţie (Bucur N. Şi colab., 1956, 1963; Teşu C. şi colab., 1978). Rezultatele cercetărilor au permis gruparea plantelor de cultură după toleranţa în trei categorii:

- sensibile (fasolea, mazărea, cartoful, varza, pomii fructiferi ş.a.);
- semitolerante (porumbul, sorgul, floarea-soarelui, lucerna, inul, tomatele, ardeii, ceapa ş.a.);
- tolerante (sfecla pentru zahăr, orzul, orezul, tutunul, bumbacul, iarba de Sudan, bumbacul, rapiţa, spanacul ş.a.).

**Influenţa apei de irigaţii asupra solului.** Apa de irigaţii acţionează asupra însuşirilor fizice şi hidrofizice ale solului se exprimă prin degradarea structurii şi reducerea stabilităţii structurale, tasarea solului şi formarea crustei, micşorarea capacităţii pentru apă şi înrăutăţirea drenajului.

Apa de irigaţii imprimă solului însuşiri negative, cu atât mai intens cu cât gradele de salinitate şi de alcalinitate ale apei sunt mai mari. Înrăutăţirea însuşirilor fizice este, în bună parte, determinată de efectele chimice ale sărurilor acumulate în sol din apa de irigaţii.

Dintre efectele chimice ale mineralizării apei de irigaţii, două sunt mai importante şi anume: salinizarea şi alcalizarea solurilor. În general, solurile irigate cu ape mineralizate se înbogăţesc în săruri iar apele de irigaţii dulci se salinizează dacă circulă pe canale construite din pământ bogat în săruri solubile.

Acumularea în sol a sărurilor conţinute în apa de irigaţii depinde de calitatea şi cantitatea acestor săruri precum şi de însuşirile solului irigat. Pe măsură ce se concentrează şi se acumulează în soluţia solului, sărurile cu solubilitatea scăzută precipită în ordinea: carbonat de calciu, carbonat de magneziu şi sulfat de calciu. De aceea, aceste săruri nu trebuie incluse în estimarea salinizării potenţiale a solului. Numai sărurile uşor solubile determină salinitatea efectivă a apei de irigaţii şi indică dezvoltarea potenţială salinizării solului irigat. Precipitarea sărurilor de calciu amintite are loc chiar dacă solul nu conţine calciu solubil, prin scoaterea acestuia din complexul adsorbtiv şi înlocuirea lui cu sodiu. În consecinţă, în cazul apelor slab mineralizate, dar care au o salinitate efectivă oarecare (obţinută prin diferenţă între salinitate totală şi cea provocată de bicarbonaţi), efectul principal al apei de irigaţii este alcalizarea solului prin creşterea conţinutului de sodiu schimbabil în complexul adsorbtiv.

S-a constatat că apa de irigaţii salinizată produce, fie numai salinizarea solului, fie atât salinizarea cât şi alcalizarea lui, după concentraţia acesteia în sodiu este mai mică sau mai mare. Apa puternic bicarbonatată, conţinând o cantitate apreciabilă de sodiu, provoacă precipitarea în sol a carbonatului de calciu şi creşterea corespunzătoare a sodiului schimbabil în complexul adsorbtiv, menţinând concentraţia totală a soluţiei solului relativ scăzută.

Apa de irigaţii provenită din surse poluate poate exercita influenţă negativă asupra omului şi mediului ambiant, mai ales când nu au fost luate măsuri de epurare prealabile. Influenţa se poate manifesta direct asupra oamenilor care lucrează în câmpurile irigate şi indirect asupra celor care consumă produsele agricole irigate cu ape uzate. Pentru primul caz, introducerea automatizării udărilor poate contribui la prevenirea efectelor negative iar în al doilea caz, este necesar să nu se irige cu ape uzate neepurate plantele de cultură ale căror recolte se consumă în stare proaspătă, nepreparate.

**Aprecierea calităţii apei de irigaţii.** Datorită efectelor multiple şi variate pe care apa de irigaţii la are asupra plantei, solului şi mediului ambiant, alegerea şi folosirea acesteia trebuie făcută cu precauţie.

O apreciere orientativă a calităţii apei de irigaţii se poate face considerându-se natura sursei. Astfel, apă bună pentru irigaţii este cea provenită din majoritatea râurilor cu turbiditatea mică, reziduul mineral redus şi nepoluate, din lacurile de acumulare cu folosinţă multiplă şi din puţurile cu apă potabilă. Apa care se scurge de pe terenurile ameliorate şi din unele izvoare este calitativ mediocră pentru irigaţii iar cea provenită din zonele mlăştinoase, turbării, unele râuri care se alimentează sau spală terenuri salifere (Călmăţui, Slănic, Drâncea, Deznăţui ş.a.) precum şi apa neepurată de la unele industrii (textilă, chimică, metalurgică etc) sunt, în general, necorespunzătoare pentru irigaţii.

Un alt criteriu de apreciere preliminară a calităţii apei de irigaţii îl constituie flora şi/sau fauna acvatică. Apa în care cresc *Lemna minor*, *Veronica aquatica*, *Butomus umbellatus*, *Nasturtium officinale* ş.a. este corespunzătoare pentru irigaţii. Prezenţa unor plante din genurile *Juncus*, *Carex*, *Scirpus*, *Cicuta*, etc indică o apă improprie folosirii la irigaţii. A apei din sursa considerată.

Aprecierea mai riguroasă a apei de irigaţii se face pe baza prelucrării şi interpretării datelor de analiză privind însuşirile fizico-chimice ale apei.

Probele de apă pentru analiză se prelevează în recipiente de 1 – 2 l, în amonte de punctul de priză, la o oarecare adâncime sub nivelul liber al apei şi în diferite perioade ale anului. Este util să se preleveze probe de apă în intervalele din sezonul de vegetaţie când debitul sursei este cel mai mic, întrucât acestea coincid cu cel mai mare consum de apă prin irigaţii.

La probele de apă se determină, cel puţin, următoarele caracteristici: temperatura, culoarea, turbiditatea pH ul, reziduul mineral fix şi principalii ioni ($Cl^-$, $SO^{--}$, $CO_3H^{--}$,$CO_3^{--}$, $Ca^{++}$, $Mg^{++}$, $K^+$, $Na^+$).

*Însuşirile fizice* cu cea mai mare importanţă în aprecierea calităţii apei de irigaţii sunt temperatura şi turbiditatea.

Temperatura apei de irigaţii trebuie să fie mai mare de 10 – $12^0$C, la valori apropiate de temperatura de vegetaţie a plantelor. Această însuşire conferă apei de irigaţii calitatea de termoregulator al solului, încălzind pământul rece şi răcorindu-l pe timpul arşiţelor din vară.

Turbiditatea apei – exprimată prin conţinutul de aluviuni (g/l) purtate în suspensie – poate contribui la colmatarea canalelor, a bazinelor, înfundarea ajutajelor aspersoarelor etc şi, de asemenea, poate produce modificarea însuşirilor fizice şi chimice ale solurilor irigate. Aluviunile fine (cu diametrul mai mic de 0,5 mm) sunt bogate în elemene fertilizante, îmbogăţind solul cu substanţe nutritive. Pe terenurile mijlocii şi grele, aluviunile fine reduc porozitatea solului şi contribuie la formarea crustei.

Dirijarea aluviunilor pentru fertilizarea terenurilor irigate este o problemă complexă, strâns legată de regimul aluviunilor din sursă, de cunoaşterea categoriilor de particule folositoare sau dăunătoare solului – în raport cu însuşirile acestuia – de modalitatea de aducţiune a apei, metoda de udare etc.

*Însuşirile chimice* ale apei prezintă cea mai mare importanţă pentru folosirea acesteia la irigaţii.

Reacţia apei de irigaţii, exprimată în valori pH, trebuie să fie cuprinsă între 6,0 şi 8,5. Dacă apa are reacţia în afara intervalului valorilor pH menţionate, se impun măsuri speciale în vederea folosirii acesteia la irigaţii.

Dezvoltarea irigaţiilor în ultima jumătate de secol a stimulat perfecţionarea metodologiei de apreciere a calităţii apei de irigaţii şi în consecinţă, s-au propus numeroşi indici care, independent sau în diverse combinaţii, să asigure rezolvarea problemei.

**Clasificarea apei de irigaţii după calitate.** În ierarhizarea apei de irigaţii după calitate se deosebesc trei categorii principale de clasificări:

- în funcţie de raportul cantitativ dintre ionii existenţi în apa de irigaţii;
- bazate pe folosirea unuia sau mai multor indici limită;
- cu luarea în considerare a mai multor indici de calitate.

Cea mai mare importanţă practică o au clasificările care se bazează pe mai mulţi indici, deoarece permit diferenţierea mai multor intervale de calitate a apei şi permit precizarea condiţiilor de folosire a apei pentru fiecare interval de calitate.

Astfel, clasificarea după valoarea coeficientului de irigaţii (c) stabilit de Priklonski şi Laptev, ţinând seama pe de o parte, atât de conţinutul de sodiu al apei, iar pe de altă parte, de alcalinitatea şi raportul cantitativ dintre constituenţii calitativi ai apei respective, distinge patru clase de calitate pentru apa de irigaţii: bună, satisfăcătoare, nesatisfăcătoare şi rea (tabelul nr. 4.2). Cercetătorii americani consideră că aprecierea calităţii apei de irigaţii trebuie făcută pe baza a patru indici principali: electroconductanţa, S.A.R., C.S.R. şi conţinutul în bor al apei (Richards A. 1954). În consecinţă, au stabilit pentru aprecierea apei de irigaţii 16 clase de calitate, folosind 4 limite de salinitate şi 4 limite de alcalizare.

Tabelul nr.4.2.

Clasificarea apelor de irigaţii după coeficientul (c)
stabilit de Priklonski şi Laptev (1949)

| Valoarea coeficientului de irigaţii (c) | Clasa de calitate a apei | Condiţiile de folosire a apei de irigaţii |
|---|---|---|
| > 18 | bună | fără măsuri speciale |
| 18 – 6 | satisfăcătoare | cu măsuri împotriva acumulării sărurilor în sol, exceptând solurile cu textura grosieră şi drenajul natural bun |
| 5,9 – 1,2 | nesatisfăcătoare | aproape întodeauna este necesar drenajul artificial |
| < 1,2 | rea | apa nu este bună pentru irigaţii |

Limitele de salinizare folosite în clasificarea lui Richards au fost stabilite în funcţie de valorile electroconductibilităţii apei, exprimate în micromho/cm, la $25^0$ C (tabelul nr.4.3.).

Limitele de alcalizare, din aceeaşi clasificare (tabelul nr.4.4.), au fost stabilite pe baza raportului de absobţie a sodiului (S.A.R.).

Tabelul nr.4.3.

Limitele de salinitate a apei de irigaţii în funcţie de valorile electroconductibilităţii, în micromha/cm la $25^o$ C (după *Richards*)

| Limita de salinitate | Mineralizarea apei | Condiţiile de folosire a apei la irigaţii |
|---|---|---|
| $C_1$ (0-250) | slabă | pentru majoritatea culturilor şi pe cele mai multe soluri, cu puţine perspective ca solurile să se salinizeze; pe solurile cu permeabilitatea extrem de redusă, poate fi necesară spălarea |
| $C_2$ (250 - 750) | moderată | pentru toate plantele care se cultivă pe soluri cu textura mijlocie; pe solurile cu permeabilitatea redusă este necesară spălarea periodică a sărurilor |
| $C_3$ (750 – 2.250) | puternică | nu se foloseşte pe solurile cu drenajul slab; chiar pe solurile cu drenajul bun sunt necesare măsuri pentru prevenirea salinizării şi cultivarea plantelor cu toleranţă ridicată la salinizare |
| $C_4$ (2.250 – 5.000) | foarte puternică | numai cu măsuri speciale de îndepărtare a sărurilor în exces şi cultivarea plantelor cu cea mai mare toleranţă la salinitate |

Tabelul nr.4.4.

Limitele de alcalizare a apei de irigaţii în funcţie de valorilor raportului de adsorbţie a sodiului (după *Richards*)

| Limita de alcalizare (S.A.R.) | Caracterizarea apei | Condiţii de folosire a apei la irigaţii |
|---|---|---|
| $S_1$ (0 – 10) | săracă în sodiu | Pe aproape toate solurile, cu pericol redus de soloneţizare |
| $S_2$ (10 – 18) | cu conţinut mijlociu în sodiu | Pe solurile cu textura grosieră şi pe solurile organice cu permeabilitatea bună; poate contribui la soloneţizarea solurilor argiloase cu capacitatea de schimb cationic mare, mai ales, în condiţii de drenaj slab, dacă solul nu conţine gips |
| $S_3$ (18 - 26) | bogată în sodiu | Cu excepţia solurilor bogate în gips, produce acumulări dăunătoare de sodiu schimbabil în cele mai multe soluri, fiind necesare lucrări de drenaj, spălare şi adaos de materie organică pentru îmbunătăţirea însuşirilor fizice ale solului; dacă apa are şi mineralizarea ridicată, pot fi necesare amendamente chimice pentru înlocuirea sodiului schimbabil din complexul adsorbtiv |
| $S_4$ (26 - 30) | foarte bogată în sodiu | În general, este nesatisfăcătoare, cu excepţia apei slab sau chiar mediu de salinizate, la care adaosul de amendamente poate avea efect pozitiv asupra solului |

După conţinutul de bor, tolerat de plante, apa de irigaţii a fost grupată în 5 clase de calitate (tabelul nr.4.5.).

Tabelul nr.4.5.

Calitatea apei de irigaţii în funcţie de conţinutul de bor tolerat de plantele cultivate (după Richards)

| Clasa de calitate a apei de irigaţii | Conţinutul de bor (mg/l) | | |
|---|---|---|---|
| | Culturi cu toleranţă mică | Culturi cu toleranţa mijlocie | Culturi cu toleranţa mare |
| 1 | < 0,33 | < 0,67 | < 1,00 |
| 2 | 0,33 – 0,67 | 0,67 – 1,33 | 1,00 – 2,00 |
| 3 | 0,67 – 1,00 | 1,33 – 2,00 | 2,00 – 3,00 |
| 4 | 1,00 – 1,25 | 2,00 – 2,50 | 3,00 – 3,75 |
| 5 | > 1,25 | > 2,50 | > 3,75 |

La noi în ţară, Florea N. (1961) a întocmit o clasificare sintetică a apelor de irigaţii, guprându-le în 6 clase de calitate, în funcţie de conţinutul total de săruri şi cel relativ de sodiu.

Clasele de calitate, reprezintă pentru irigaţii, apă:

- excelentă (I);
- foarte bună (II);
- bună pentru majritatea culturilor pe solurile uşoare şi mijlocii şi aceeptabilă pentru plantele sensibile; în cazul solurilor grele se impune aplicarea spălărilor periodice (III);
- aceeptabilă pentru majoritatea culturilor pe solurile uşoare, a celor carbonaticeşi a celor uşor levigate; nesatisfăcătoare pentru plantele sensibile la săruri, pe terenurile grele pe care sunt necesare spălări periodice (IV);
- dăunătoare pentru majoritatea culturilor; sunt necesare spălări frecvente (V);
- foarte dăunătoare pentru toate culturile (VI).

**Mijloace pentru îmbunătăţirea caltăţii apei de irigaţii şi a influenţei acesteia asupra solului şi plantelor.** Uneori, trebuie să se irige cu apă care nu este de cea mai bună calitate şi care provoacă, între altele, creşterea concentraţiei în săruri a soluţiei solului.

Cercetările au arătat că se poate compensa acest neajuns prin majorarea normelor de udare, concomitent cu asigurarea unui drenaj corespunzător.

Cantitatea suplimentară de apă (%) peste mărimea obişnuită a normei de udare, care trebuie să percoleze zona stratului activ de sol pentru a menţine salinitatea acestuia sub o anumită concentraţie, tolerată de plantele cultivate, reprezintă cerinţa sau raţia de spălare ($R_s$).

$$R_s\% = 100\frac{CE_{ai}}{CE_{ad} - CE_{ai}} = 100\frac{C_{si}}{C_{sd} - C_{si}}$$

în care:

$CE_{ai}$ - este conductanţa electrică a apei de irigaţii;
$CE_{ad}$ - este conductanţa a apei drenate;
$C_{si}$ - concentraţia în săruri a apei de irigaţii;
$C_{sd}$ - concentraţia în săruri a apei drenate.

Calitatea apei de irigaţii poate fi îmbunătăţită şi prin diluarea acesteia cu volume corespunzătoare de apă foarte bună pentru irigaţii.

Folosirea apei uzate pentru irigaţii implică – în majoritatea cazurilor – aplicarea unor măsuri speciale de epurare (tabelul nr.4.6.)

Prin epurare se înţelege ansamblul de lucrări şi procedee folosite pentru reducerea indicatorilor de încărcare a apei uzate încât aceasta să nu modifice calitatea emisarului peste anumite limite. Epurarea apelor uzate se realizează în trei trepte, fiecăreia dintre ele fiindu-i caracteristice metode, mijloace şi instalaţii specifice.

Apa uzată care urmează să fie folosită la irigaţii este supusă, în general, epurării primare şi secundare. În unele cazuri, în funcţie de sursa de poluare şi de gradul de încărcare, apa uzată poate fi folosită la irigaţii dup prima treaptă de epurare, sau chiar numai după epurarea mecanică, irigaţia fiind în această situaţie un mijloc de epurare.

Tabelul nr.4.6.

Metode şi procedee pentru epurarea apelor uzate

| Treapta de epurare | Metoda de epurare | Mijloace şi instalaţii folosite la epurare |
|---|---|---|
| primară | mecanică | grătare şi site, denisipatoare, separatoare de grăsimi |
| | chimică | instalaţii de amestec a reactivilor cu apa uzată, bazine de reacţie între reactivi şi apa uzată, instalaţii de neutralizare (corectarea ph-ului), instalaţii de dezinfecţie |
| secundară | biologică în condiţii apropiate de cele naturale | câmpuri de irigaţii, câmpuri de infiltraţie, iazuri biologice, şanţuri de oxidare |
| | biologică în condiţii create artificial | biofiltre obişnuite, aerofiltre, bazine cu nămol activ |
| terţiară (avansată) | fizică | micrositare, fltre de nisip, paturi de nisip |
| | fizico-chimică | adsorbţia, spumarea electrodialilza, distilarea, îngheţarea, extracţia cu solvenţi, oxidarea chimică, schimbul ionic, coagularea chimică |
| | biologică | irigaţia, defosforizarea, denitrificarea, dezinfecţia |

## 4.5. PRIZE DE APĂ PENTRU IRIGAŢII

Priza de apă reprezintă ansamblul de construcţii şi instalaţii frontale ale sistemului de irigaţii, prin care se asigură captarea şi trecerea apei din sursă în canalul principal de aducţiune (canalul magistral).

După modul cum se realizează trecerea apei din sursă în canalul de aducţiune, priza de apă a sistemului de irigaţii poate fi: gravitaţională, cu ridicarea mecanică a apei (obişnuit prin pompare) şi mixtă.

Proiectarea şi executarea prizelor de apă pentru irigaţii implică studii tehnico-economice minuţioase, întrucât această componentă a sistemului de irigaţii influenţează direct atât investiţia specifică de amenajare cât şi volumul cheltuielilor de exploatare.

În funcţie de natura sursei, priza de apă a sistemului de irigaţii poate fi amplasată pe râu, la un lac de acumulare, precum şi în locuri potrivite pentru captarea apei subterane. Indiferent de sursă, priza de apă a sistemului de irigaţii trebuie să satisfacă următoarele cerinţe generale:

- să asigure livrarea apei conform graficului de exploatare a sistemului de irigaţii;
- să fie rezistentă, uşor de exploatat şi de întreţinut;
- să funcţioneze corespunzător pe întreg intervalul de variaţie a nivelului apei din sursă;
- să nu permită pătrunderea în sistemul de irigaţii a flotanţilor şi aluviunilor cu diametrul mai mare de 0,15 mm.

Cele mai multe sisteme de irigaţii din ţara noastră au priza de apă amplasată la râu (fig.4.5.).

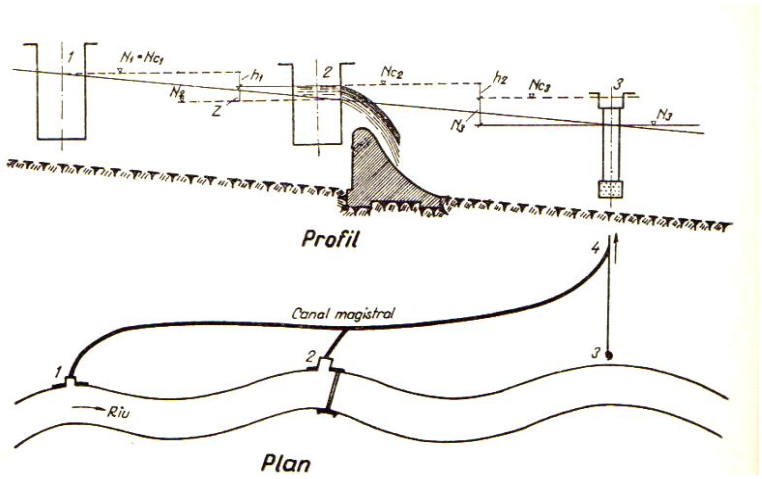



Fig.4.5. Amplasarea în plan şi în profil a unei prize de apă la râu
1- în curent liber, 2 – în curent barat, 3 – cu ridicarea apei pe cale mecanică

Locul de amplasament al unei prize de râu se alege avându-se în vedere următoarele condiţii:

- traseul albiei minore a râului să fie stabil pe o zonă de cel puţin 2 – 3 curbe în amonte şi 1 – 2 curbe în aval de amplasament;
- priza să se amplaseze pe malul concav a râului;
- profilul longitudinal al râului în zona de amplasament a prizei să prezinte stabilitate şi în plan vertical, pentru evitarea cavitaţiei, la aspiraţie şi afuirea fundului, fenomene care determină diminuarea debitelor captate;

- malul râului să fie înalt, pentru a nu fi inundat la ape mari sau, dacă acest lucru nu este posibil, să se prevadă lucrări speciale de protejare a prizei împotriva inundaţiilor;
- locul de amplasare a prizei să prezinte condiţii geotehnice bune, să nu fie situat în apropierea confluenţelor, în vecinătatea conurilor de dejecţie ale torentelor sau în sectoarele de formare a zăpoarelor în timpul iernii;
- elementele de captare (praguri, camere de acces a apei în cuve) să fie amplasate la adâncimea care să evite colmatarea lor în perioadele de viitură.

De cele mai multe ori, pentru optimizarea funcţionării prizelor trebuie să se execute în zonele de amplasare a acestora, lucrări de regularizare a albiei (consolidarea malurilor, stabilizarea treseului râului, diguri de dirijare a apei, traverse de închidere sau de colmatare a albiei etc).

### 4.6. METODE DE UDARE

Prin metodă de udare se înţelege modalitatea de distribuţie a apei de irigaţii la plante, pe terenurile amenajate în acest scop.

Indiferent de modalitatea de distribuţie a apei la plante, metoda de udare trebuie să satisfacă câteva cerinţe generale:

- umezirea uniformă a solului în spaţiul de nutriţie al plantelor;
- randament şi eficacitate maximă ale udărilor;
- asigurarea condiţiilor pentru executarea mecanizată a lucrărilor agricole;
- degradarea cât mai redusă a însuşirilor agroproductive ale solului;
- realizărea udării cu consum cât mai mic de energie şi forţă de muncă.

#### 4.6.1. Clasificarea metodelor de udare

În practica irigaţiilor se folosesc următoarele metode de udare: prin scurgere la suprafaţă, prin aspersiune, prin submersiune şi localizată (subterană, prin picurare, prin rampe perforate).

**Udarea prin scurgere la suprafaţă**

Udarea prin scurgere la suprafaţă constă în circulaţia gravitaţională a apei de irigaţii pe trasee dirijate în câmpurile irigate, pentru infiltrarea acesteia în stratul activ de sol.

Criteriul principal care diferenţiază variantele de udare prin scurgere la suprafaţă este modalitatea de conducere şi de circulaţie a apei de suprafaţa cultivată, pentru a se infiltra în sol.

Se disting:

- *udarea prin brazde*, aplicată mai ales la culturile prăşitoare, viţă de vie şi pomi;
- *udarea prin fâşii*, caracteristică pentru plantele cultivate în rânduri dese;
- *udare prin revărsare*, folosită de regulă pentru udarea pajiştilor.

Udarea prin scurgere la suprafaţă este condiţionată de microrelieful şipanta terenului, de posibilităţile de asigurare a nivelării terenului pe direcţiile elementelor de conducere a apei, permeabilitatea solului, natura plantei cultivate ş.a.

În funcţie de aceşti factori trebuie stabilite cât mai adecvat, următoarele elemente tehnice:

- *debitul de alimentare* ($q$) a brazdelor sau a fâşiilor de udare, în aşa fel încât să nu se producă eroziune prin irigaţii dar să se asigure un randament ridicat muncii udătorilor;

- *distanţa dintre brazdele de udare* (*d*), respectiv *lăţimea fâşiilor de udare* ($l_f$), care să permită umezirea uniformă a întzregului spaţiu de nutriţie a plantelor;
- *lungimea elementelor active de udare* ($L_o$, $L_f$), astfel încât pierderile de apă prin percolarea stratului radicular să fie cât mai mici iar spre extermitatea aval a brazdelor sau fâşiilor de udare, solul să fie cât mai uniform umezit, pe întreaga grosime a stratului activ (*H*);
- *durata de udare* (*t*) să fie concordantă cu timpul necesar aplicării integrale a normei de udare (*m*) şi cu asigurarea posibilităţii de revenire pentru următoarea udare pe aceeaşi suprafaţă, în conformitate cu graficul udărilor stabilit.

**Udarea prin submersiune**

Udarea prin submersiune constă în realizarea şi menţinerea în interiorul parcelelor cultivate cu orez a unui strat de apă cu grosimea variabilă, în funcţie de cerinţele biologice şi tehnologice ale plantei,

Udarea prin submersiune este dependentă de prezenţa:
- condiţiilor climatice favorabile cultivării orezului;
- terenului cu panta foarte mică (i<0,7- 0,8‰) şi microreliefului foarte slab exprimat;
- solurilor cu permeabilitatea redusă.

Elementele tehnice care trebuie controlate la aplicarea udării prin submersiune sunt:
- *grosimea stratului de apă* (*h*) de inundare a parcelelor;
- *debitul de alimentare* ($q_a$) a parcelelor;
- *debitul de evacuare* ($q_e$) a apei din parcele.

**Udarea prin aspersiune**

Udarea prin aspersiune este cea mai răspândită din lume şi în ţara noastră (aproximativ 75- 80 % din suprafaţa irigată în România). Metoda constă în distribuţia apei la plante sub forma picăturilor de ploaie, realizate prin ejectarea în atmosferă a apei pompată sub presiune din reţeaua de conducte. Împrăştierea pe suprafeţe limitate a apei, sub formă de picături – simulând ploaia naturală – se obţine cu ajutorul unor dispozitive prevăzute cu ajutaje conice convergente, numite *aspersoare.*

Udarea prin aspersiune este condiţiionată de asigurarea unor instalaţii şi echipamente speciale, care permit realizarea ploii aspersate cu anumiţi parametri privind:
- *intensitatea*, astfel ca aceasta să fie inferioară vitezei de infiltraţie a apei în sol, pentru a se evita băltirile sau scurgerea la suprafaţă şi eroziunea prin irigaţii;
- *granulometria* (finețea) ploii, care trebuie corelată cu natura şi faza de vegetaţie ale plantei, dar şi cu însuşirile fizice ale solului (textură, structură, permeabilitate pentru apă etc);
- *uniformitatea stropirii* – adică modul de distribuţie pe suprafaţa terenului a apei aspersate – care trebuie să aibă ca efect umezirea cât mai uniformă a solului;
- *durata udării,* care trebuie astfel stabilită încât norma de udare (m) să se distribuie integral.

Principalii factori care limitează aplicarea udării prin aspersiune sunt consumul mare de energie, costul ridicat al instalaţiilor de udare şi prezenţa vânturilor cu viteza şi frecvenţa mari.

**Udarea localizată**

Udarea localizată se poate aplica în mai multe variante: udarea subterană, udarea prin picurare, udarea prin rampe perforate şi constă în umezirea solului numai pe un anumit procent din suprafaţa terenului, şi anume, acela ocupat efectiv de plantele cultivate.

***Udarea subterană*** are o extindere limitată datorită pierderilor mari de apă prin percolare sub stratul activ al solului şi a cheltuielilor ridicate de amenajare. O variantă îmbunătăţită a acesteia este aşa-numita *udare prin capilaritate* care constă în distribuţia apei la plante prin conducte perforate, amplasate pe fundul unor şanţuri căptuşite la partea inferioară cu folie de polietilenă şi acoperite cu pământ. În acest mod se creează artificial în lungul conductelor de udare şi în secţiunea căptuşită cu polietilenă, umezirea solului la capacitatea totală, din care apa circulă prin capilaritate în spaţiul proxim, pentru a alimenta sistemul radicular al plantelor.

***Udarea prin picurare*** constă în distribuţia lentă a apei la plante, *picătură cu picătură*, în cantitatea strict necesară pentru satisfacerea cerinţelor fiziologice. Aducţiunea şi distribuţia apei la plante se face cu ajutorul unor instalaţii din mase plastice. Metoda este specifică pentru udarea în plantaţiile viticole şi pomicole precum şi pe terenurile cultivate cu legume sau flori.

Marele avantaj al acestei metode este economisirea apei cu până la 40%, comparativ cu alte metode de udare.

***Udarea prin rampe perforate*** se realizează prin instalaţii cu reţele de conducte din polietilenă, cu diametrul mic, prevăzute cu perforaţii pentru distribuţia apei.

Conductele de udare însoţesc rândurile de plante (pomi, viţă de vie, legume, flori), au caracter fix şi debitează apa în rigole special amenajate, întrerupte la 4 – 7 m, prin diguleţe de pământ. Orificiile practicate în pereţii conductelor sunt protejate împotriva obturării, cu manşoane canelate, de 6 – 7 cm lungime.

### 4.6.2. Criterii pentru alegerea metodei de udare

Diversitatea factorilor naturali şi agroeconomici determină condiţii optime diferenţiate pentru diversele metode de udare.

Principalii factori care influenţează alegerea metodei de udare sunt: relieful, însuşirile solului, calitatea apei de irigaţie, condiţiile hidrogeologice, caracteristicile climatice, structura culturilor irigate şi condiţiile social-economice.

**Relieful** influenţează alegerea metodei de udare prin pantă şi gradul de exprimare a microreliefului.

Dacă panta generală a terenului este mai mică de 0,7‰, se recomandă udarea prin aspersiune, udare localizată şi eventual, submersiunea (dacă sunt condiţii favorabile cultivării orezului).

Când panta este cuprinsă între 0,07% şi 3 %, pot fi aplicate toate metodele de udare dar, la pante peste 1,5-2,0%, udarea prin scurgere la suprafaţă trebuie admisă cu precauţie.

În cazul când panta terenului depăşeşte 3%, sunt recomandabile aspersiunea cu intensitatea bine reglată, udarea localizată şi udarea prin scurgere la suprafaţă, însoţită de măsuri speciale pentru prevenirea eroziunii la aplicarea udărilor.

Când microrelieful terenului este bine exprimat şi pentru nivelare sunt necesare terasamente care depăşesc 1.000 $m^3$/ha, se preferă udarea prin aspersiune sau udarea localizată.

**Însuşirile solului.** Dintre însuşirile solului, la alegerea metodei de udare, prezintă interes textura, viteza de infiltraţie a apei în sol, capacitatea de înmagazinare a apei în sol, rezistenţa la eroziune şi potenţialul de salinizare a solului.

*Textura* mijlocie este favorabilă aplicării tuturor metodelor de udare. Dacă alcătuirea granulometrică este uşoară, sunt recomandabile udarea prin aspersiune şi udarea localizată, iar în cazul solurilor argiloase, se recomandă scurgerea la suprafaţă, udarea subterană şi udarea prin aspersiune cu norme de udare mici.

*Viteza de infiltraţie* cu valori mai mari de $10^{-4}$ cm/s impune aplicarea udării prin aspersiune cu norme mici şi udare localizată. Când viteza de infiltraţie este cuprinsă între $10^{-4}$ cm/s şi 5 x $10^{-5}$ cm/s poate fi aleasă oricarre din metodele de udare. Pentru cazurile în care viteza de infiltraţie este mai mică decât 5 x $10^{-5}$ cm/s se recomandă udarea prin aspersiune cu norme mici, udarea prin scurgere la suprafaţă şi udarea localizată.

*Capacitatea de înmagazinare a apei în sol* redusă, obligă la alegerea prin aspersiune sau a udării localizate. La valori mijlocii ale capacităţii de înmagazinare a apei în sol sunt corespunzătoare toate metodele de udare iar dacă solul are capacitatea mare de înmagazinare a apei, este preferabilă scurgerea la suprafaţă.

*Rezistenţa solului la eroziune.* Solurile cu rezistenţă mare la eroziune permit aplicarea oricăreia dintre metodele de udare iar în cazul solurilor uşor erodabile sunt recomandabile udarea prin aspersiune cu picături mici şi udarea localizată.

*Potenţialul de salinizare a solului.* În cazul solurilor cu potenţial mare de salinizare se aleg aspersiunea cu norme de udare mari şi udarea prin submersiune. Dacă potenţialul de salinizare este redus, pot fi aplicate oricare dintre metodele de udare.

**Calitatea apei de irigaţie.** Dacă apa de irigaţie are turbiditatea mare este preferabilă udarea prin scurgere la suprafaţă. În cazul când apa de irigaţie are conţinutul de săruri solubile mare, se adoptă scurgerea la suprafaţă sau udarea prin submersiune. Pentru irigarea cu ape uzate este raţională aplicarea udării subterane.

**Hidrogeologia**. Condiţiile hidrogeologice influenţează alegerea metodei de udare, în special, prin nivelul la caer se găseşte apa freatică. Dacă nivelul mediu al apei freatice se află la adâncimea mai mică de 5 m, sunt preferabile udarea prin aspersiune cu norme mici şi udarea localizată. La nivelul freatic cuprins între 5 şi 10 m adâncime este recomandabilă udarea prin aspersiune; scurgerea la suprafaţă este raţională dacă există amenajat un sistem de drenaj. În cazul în care apa freatică se află la adâncime mai mare de 10 m pot fi alese toate metodele de udare.

**Elementele climatice.** Precipitaţiile atmosferice cu un grad accentuat de neuniformitate implică alegerea aspersiunii cu norme mici sau udarea localizată. În zonele cu vânturi puternice (V>3,0÷3,5 m/s) se preferă scurgerea la suprafaţă dar poate fi aplicată şi udarea prin aspersiune, folosind scheme speciale de udare şi/sau eventual, programând aplicarea udărlor noaptea, când este mai mult calm atmosferic.

**Structura culturilor.** Cu excepţia orezului, care se udă exclusiv prin submersiune, plantele cultivate pot fi udate prin aproape toate metodele.

Plantele prăşitoare, legumele, pomii şi viţa de vie se irigă, de preferinţă, prin scurgere la soprafaţă.

Pentru legume, pomi şi viţă de vie aplicarea udării localizate are avantajul economisirii apei şi forţei de muncă. În general, se consideră că ceas mai bună soluţie este amenajarea terenului pentru irigarea bivalentă.

**Condiţiile social-economice** pot influenţa alegerea metodei de udare prin potenţialul economico-financiar al beneficiarului amenajării de irigaţie şi prin tradiţia locală.

## 4.7. TEHNICA IRIGAŢIEI PRIN ASPERSIUNE

Tehnica de udare cea mai frecvent întâlnită, aspersiunea se realizează prin pulverizarea apei sub presiune în atmosferă prin intermediul aspersoarelor şi căderea apei pe suprafaţa solului sub formă de picături. Este o ploaie artificială care se poate realiza cu intensitatea dorită, pentru umectarea optimă a profilului de sol prin care se urmăreşte ridicarea umidităţii solului la nivelul capăcităţii de camp

### 4.7.1. Avantajele şi dezavantajele metodei de udare prin aspersiune

**Avantaje metodei:**
- pemite controlul riguros al apei distribuite şi aplicarea unor norme mici de udare;
- înregistrează pierderi mici de apă (randamentul udării în camp, $\eta_c$ = 90 %
- nu necesită lucrări costisitoare de nivelare;
- suprafaţa scoasă din circuitul agricol este redusă şi nu deranjează executarea lucrărilor agricole;
- se poate aplica pe toate tipurile de sol şi la toate culturile;
- nu necesită personal cu un grad ridicat de calificare;
- au o productivitate ridicată datorită mecanizării şi automatizării instalaţiilorde udare;
- se pot realiza concomitant lucrări de fertilizarea solului, aplicarea pesticidelor şi combaterea îngheţurilor târzii de primăvară.

**Dezavantaje metodei:**
- cheltuieli de exploatare mari datorate consumului mare de energie pentru realizarea presiunilor ridicate în conducte;
- în condiţii de vânt cu viteze mai mari de 3,5 m/s scade uniformitatea udării;
- echipamentul de udare înglobează materiale energo-intensive (aluminiu, oţel, mase plastice);
- determină formarea la suprafaţa terenului a unei cruste care favorizcază evaporaţia;
- mutarea manuală a aripilor de udare de aluminiu este o operaţie grea cu cu volum de muncă foarte mare;
- în timpul funcţionării pot să apară defecţiuni tehnice grave.

### 4.7.2. Descrierea instalaţiei de udare prin aspersiune

Instalaţia de udare prin aspersiune, denumită şi aripă de udare prin aspersiune este constituită din tuburi cu lungimea de 6 m din aluminiu, oţel zincat sau mase plastice (polietilenă), pe care sunt montate dispozitive de udare (aspersoarele), prin intermediul cărora se realizează ploaia artificială. O aripă de udare are mai multe poziţii de racordare la un hidrant putând fi racordate simultan 1, 2, 3 sau chiar 4 aripi de udare, dacă hidrantul este dimensionat să asigure debitul şi presiunea necesară. Aripa de udare face, prin intermediul hidrantului, legătura între reţeaua de conducte subterane şi aspersoare.

Principalul detaliu de udare prin aspersiune îl constituie poziţiile de legare la hidrant ale aripilor de aspersiune.

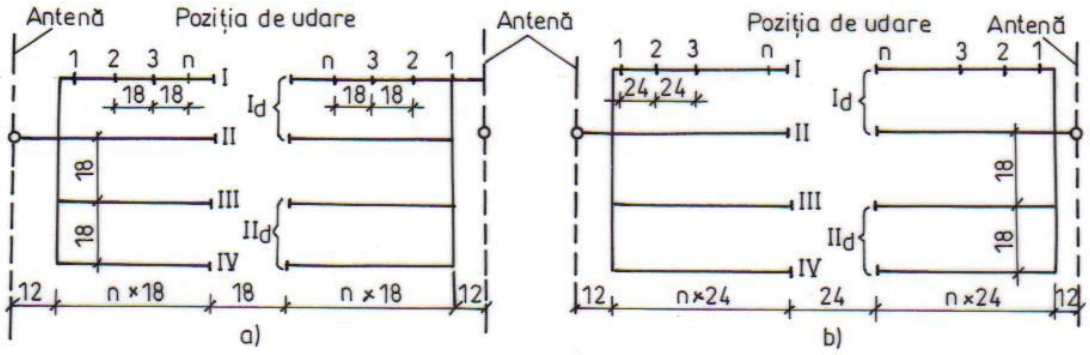



Fig.4.6. Poziţii de legare a aripilor de udare la hidrant:
a – în poziţii independente (I - IV); b – în baterie de două aripi ($I_d$ - $II_d$)

La funcţionarea unei aripi independente, aceasta este legată la hidrant în pozitia I, după care, la terminarea timpului de funcţionare pe această poziţie se mutată pe poziţia II. La un hidrant, existând patru poziţii de funcţionarea ale unei aripi independente (fig.4.6. a.).

Dacă se ia în considerare posibilitatea cuplării simultane a două aripi de udare la un hidrant, acestea funcţionează în baterie de două aripi şi ocupă iniţial poziţia Id, iar după terminarea udării este mutată în pozitia IId, apoi la hidrantul următor (fig.4.6. b.).

Distanţele dintre aspersoare pe aripa de udare ($d_1$) şi distanţa dintre două aripi ($d_2$) legate la acelaşi hidrant determină schema de udare. Schema de udare se alege în funcţie de tipul de aspersor utilizat, $d_1$ x $d_2$ pot fi: 18 x 18 m; 18 x 24 m; 24 x 18 m; 24 x 24 m; 24 x 36; 36 x 24 m; 36 x 36 m, etc.

Părţile componente ale aripii de udare prin aspersiune sunt: conducte mobile formate din:

- branşamentul la hidrant (fig.4.7.);

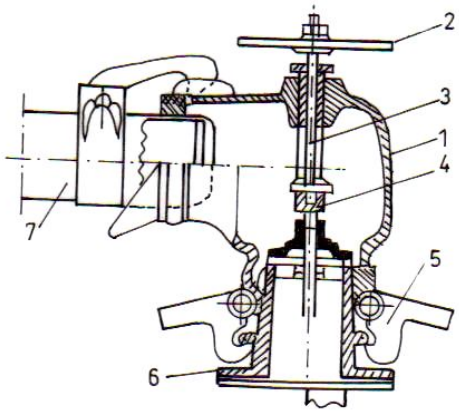
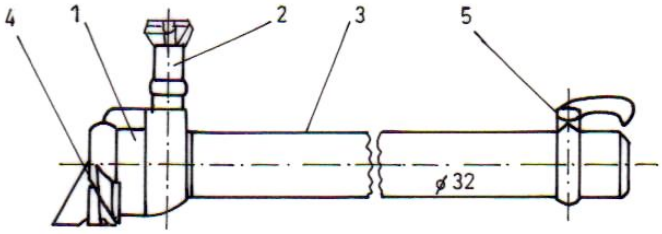



Fig.4.7. Branşament la hidrant:
1- corpul branşamentului,
2- roată de manevră,
3- ax cu arc exterior,
4- cuplă de legătură cu axul vanei hidrant,
5- cârlig de prindere a branşamentului la vana hidrant,
6- vana hidrant
7- tronson de conductă din aluminiu

- tronsoane de conducte din aluminiu de 6 m, fără priză la aspersor;
- tronsoane cu priză la aspersor, montare aspersor prin cuplaj rapid cu mufă şi cârlig, iar etanşarea cu garnitură de cauciuc în formă de "V" ( fig.4.8.);
- accesorii ale aripii de udare, formate din coturi, ramificaţii (în cruces au în formă de T), (fig.4.9).




Fig,4.8. Tronson de conductă din aluminju de 6 m, cu priză pentru aspersor:
1- locaş pentru cârligul de cuplare a două tronsoane; 2- priză aspersor; 3- tub din aluminiu; 4- garnitură de etanşare hidraulică profilată în "V"; 5 – colier cu cârlig pentru cuplare

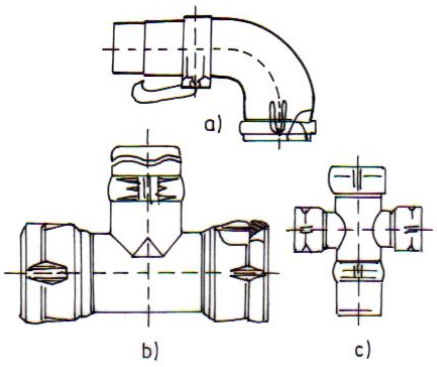



Fig.4.9. Accesorii ale aripii de udare:

a- cot,
b- ramificaţie în T ;
c- ramificaţie în formă de cruce

Pentru racordarea aspersorului la aripa de udare există prelungitoare scurte, pentru culturile cu talie joasă şi prelungitoare lungi, pentru culturile cu talie înaltă. La îmbinare se inserează un regulator de presiune. Pentru realizarea aripilor de ploaie alterne, se folosese racorduri rapide la aspersor.

### 4.7.3. Clasificarea şi descrierea echipamentelor de udare prin aspersiune

Echipamentele de udare prin aspersiune au rolul de a distribui apa în sectoarele de irigaţii. Ele se pot clasifica după cum urmează:

- aripi mobile de udare;
- agregate de pompare şi udare;
- instalaţii speciale de udare;

**1. Aspersorul**

Aspersorul este cea mai importantă parte componentă a echipamentului de udare prin aspersiune, el asigură trecerea apei din conductele de udare (aripi de udare) în atmosferă prin pulverizare, rezultând stropi a căror finețe depinde de diametru duzei.

Clasificarea aspersoarelor se face după mai multe criterii:

- după presiunea necesară pentru a funcţiona, aspersoarele se clasifică în aspersoare:
  - de foarte joasă presiune (< 1,5 kgf/cm$^2$);
  - de joasă presiune (1,6 - 2,5 kgf/cm$^2$);
  - de presiune medie (2,6 - 5 kgf/cm$^2$);
  - de înaltă presiune (> 5 kgf/cm$^2$);

- după intensitatea ploii realizate, aspersoarele pot fi:
  - de mică intensitate a ploii (1,5 —5 mm/h);
  - de intensitate medie a ploii (6—20 mm/h);
  - de mare intensitate a ploii (21 —30 mm/h);
- după lungimea jetului de apă, aspersoarele pot fi:
  - cu jet foarte mic (< 12 m);
  - cu jet mic (13 —20 m)
  - cu jet mediu (21—25 m);
  - cu jet mare (36 —50 m):
  - cu jet foarte mare (>50 m);
- după numărul de jeturi, aspersoarele pot fi:
  - cu jet unic;
  - cu jeturi multiple separate;
  - cu jeturi interferente;
- după modul de acţiune a rotaţiei aspersorului, aspersoarele pot fi:
  - cu turbină internă;
  - cu turbină externă acţionată de:
    - jetul principal;
    - jetul auxiliar;
  - cu reacţie internă;
  - cu reacţie externă;
  - cu jet inversor;
  - cu depresie sau cu membrană;

**Principalele tipuri de aspersoare din România sunt următoarele:**

- ***ASJ-1*** aspersor cu şoc, cu un singur jet, presiune 2,5-4,5 daN/cm$^2$, debit de 1,5-4 m$^3$/h, raza de stropire R = 16-20 m;

-***ASJ-IM*** (aspersor cu şoc, cu un singur jet, modernizat) este varianta modenizată a aspersorului ASJ -1, fiind compus din trei subansamble (fig.4.10):

- subansamblul corp inferior, format din: corp inferior (1), pivot (2), garnituri (3 şi 4), arcul de distanţare (14), şaiba (15) şi manşonu1 de protecţie (16);
- subansamblul corp superior, format din: corp superior (5), duze (6, 7, 8), ax (9), ştift (13) şi garnitură (10);
- subansamblul braţ oscilant, format din: braţ oscilant (11), resort de revenire (12) şi inel de reglare (17);

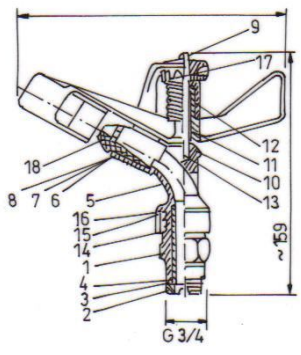



Fig.4.10. Aspersorul ASJ – 1M (secţiune):
1- corp inferior;
2- pivot;
3, 4 – garnituri;
5- corpul superior;
6, 7, 8 – duze;
9- ax;
10- garnitură;
11- braţ oscilant;
12 – resort de reacţie;
13 – splint;
14 – arc de distanţare;
15- şaibă;
16- monşon de protecţie;
17- inel de reglare

Aspersorul ASJ – 1M face parte din categoria aspersoarelor de joasă presiune (2 - 4 daN/cm$^2$), fiind îmbunătăţit prin dotarea cu duze interschimbabile cu diametru de 5, 6, 7 şi 7,5mm, cu un singur jet, care se roteşte în cerc complet fiind acţionat prin şocu1 creat de arcul de reacţie. Este cel mai utilizat aspersor pentru echiparea aripilor de udare cu conducte din aluminiu, pe o gamă largă de soluri, din punct de vedere textural, pe terenuri relativ plane sau cu pante mari şi la toate plantele de cultură, inclusiv la cele sensibile.

Caracteristicile tehnice ale aspersolului ASJ – 1M se prezintă în tabelul nr.4.7.

Tabelul nr.4.7.

Caracteristicile tehnice ale aspersorului ASJ – 1 M

| Diametrul duzei (mm) | Presiunea de lucru (daN/cm$^2$) | Debitul (m$^3$/ha) | Diametrul de stropire (m) | Pluviometria medie orară (mm/h) pentru schemele de udare: $d_1$ x $d_2$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 12 x 12 | 12 x 18 | 18 x 18 | 18 x 24 | 24 x 24 |
| 5 | 2,5 | 1,45 | 30,2 | 10,1 | 6,7 | 4,5 | 3,4 | 2,5 |
| | 3,0 | 1,59 | 31,0 | 11,0 | 7,4 | 4,9 | 3,7 | 2,7 |
| | 3,5 | 1,72 | 31,6 | 11,9 | 8,0 | 5,3 | 4,0 | 3,0 |
| | 4,0 | 1,84 | 32,4 | 12,8 | 8,5 | 5,7 | 4,3 | 3,2 |
| | 4,5 | 1,95 | 33,0 | 13,5 | 9,0 | 6,0 | 4,5 | 3,4 |
| 6 | 2,5 | 2,02 | 30,8 | 14,0 | 9,4 | 6,2 | 4,7 | 3,5 |
| | 3,0 | 2,21 | 31,6 | 15,3 | 10,2 | 6,8 | 5,1 | 3,8 |
| | 3,5 | 2,39 | 32,2 | 16,6 | 11,1 | 7,4 | 5,5 | 4,1 |
| | 4,0 | 2,56 | 32,8 | 17,7 | 11,85 | 7,9 | 5,9 | 4,4 |
| | 4,5 | 2,71 | 33,4 | 18,8 | 12,5 | 8,4 | 6,3 | 4,7 |
| 7 | 2,5 | 2,61 | 33,0 | 18,1 | 12,1 | 8,1 | 6,0 | 4,5 |
| | 3,0 | 2,85 | 34,0 | 19,8 | 13,2 | 8,8 | 6,6 | 4,9 |
| | 3,5 | 3,08 | 35,0 | 21,4 | 14,2 | 9,5 | 7,1 | 5,3 |
| | 4,0 | 3,29 | 36,0 | 22,8 | 15,2 | 10,2 | 7,6 | 5,7 |
| | 4,5 | 3,49 | 37,0 | 24,2 | 16,5 | 10,8 | 8,1 | 6,1 |
| 7,5 | 2,5 | 3,24 | 34,0 | 22,5 | 15,0 | 10,0 | 7,5 | 5,6 |
| | 3,0 | 3,55 | 35,0 | 24,6 | 16,4 | 11,0 | 8,2 | 6,2 |
| | 3,5 | 3,83 | 36,0 | 26,6 | 17,7 | 11,8 | 8,9 | 6,6 |
| | 4,0 | 4,10 | 37,0 | 28,5 | 19,0 | 12,7 | 9,5 | 7,1 |
| | 4,5 | 4,35 | 38,0 | 30,2 | 20,1 | 13,4 | 10,1 | 7,6 |

- **AJR – 1** este un aspersor cu şoc, cu jet razant, special pentru pomicultură (udă sub coroana pomilor) diametrul duzelor de 3,5; 4; 4,5 şi 5 mm, la presiuni de 1,5 – 2,5 daN/cm$^2$ . Schema optimă de aşezare este 12 x 12 m, 12 x 18 m şi 18 x 18 m.

- **ASM – 1** este asemănător cu ASJ – 1M, diametrul duzelor fiind de 8; 9 şi 11 mm. Schema optimă de aşezare este de 24 x 24 m.

- **ASM - 2** este un aspersor cu 2 jeturi şi rotire completă, duze de 11+6,3; 13+6,3 şi respective l4,5+6,3 mm, presiune 4 - 5 daN/cm$^2$. Schemă optimă de aşezare este 30 x 30 m.

- **ASM - 3**, un aspersor de tipul cu şoc, cu funcţionare în cerc, are o variantă constructivă cu funcţionare în sector de cerc, ASM - 3S.

- **ASM - 4** este în aspersor cu 3 duze, duza mare cu Φ=14,5; 16; 18 şi 20 mm, cea mijiocie de 6 şi 8 mm, iar cea mică de 4 mm diametru. Funcţionează la presiuni de 4 - 8 daN/cm$^2$. Schemă optimă de aşezare este 42 x 42 m, 42 x 48 m, 48 x 48 m. Duzele mari si mijlocii se montează la capătul a două tuburi de lansare a jeturilor iar duza mică se montează în corpul aspersorului, sub tubul de lansare.

- **ASM - 5** este tot cu 3 duze, duza mare de diametre 22, 26, 28 şi 32 mm, cea mijlocie de 10 şi l2 mm, cea mică de 5 şi 6 mm, lucrând la ace1eaşi presiuni cu cel prezentat anterior. Schemă optimă de aşezare este 54 x 54 m, 60 x 60 m, 66 x 66 m, 72 x 72 m.

- **ARS - 2** este un aspersor reactiv cu funcţionare în sector de cerc, duze cu diametru de 16, 18, 20 şi 22 mm, presiunea cerută la hidrant este de 4,5 - 5 daN/cm$^2$ iar la aspersor de 2,6 - 4 daN/cm$^2$.

Pe p1an mondial se fabrică o varietate foarte largă de aspersorare, pe lângă cele clasice existând şi aspersoare pentru ape reziduale (amestec de bălegar, paie tocate şi urină), parcuri (microaspersoare), rampe oscilante etc. cunoscute sub denumirea companiilor producătoare: SUA. — Rain Bird, Buckner, Nelson, etc., Israel — Naan, Germania — Perrot, Franţa — Irrifrance, Anglia — Wright-Rain, Italia — Valducci, Japonia, etc.(Man T.E. şi colab. - 2007).

Microaspersoarele sunt de diverse tipodimensiuni şi forme realizate în special din plastic şi au rază de udare mică.

**2. Instalaţiile mobile de udare**

Sunt denumite şi aripile mobile de udare sau aripile de aspersiune au părţile componente prezentate în anterior, care se cuplează între ele în perioada de funcţionare, şi se mută de pe o poziţie pe alta manual.

După presiunea de apă asigurată la hidrant deosebim două tipuri de aripi de aspersiune:

a - aripă continuă, când în reţea există debit şi presiune suficientă pentru a funcţiona toate aspersoarele (fig.4.11. a);

b – aripa, alternă, când nu există debit şi presiune suficiente funcţionează aspersoarele 1,3,5 etc., după care se mută şi vor funcţiona aspersoarele 2,4,6, etc.
(fig.4.11. b).

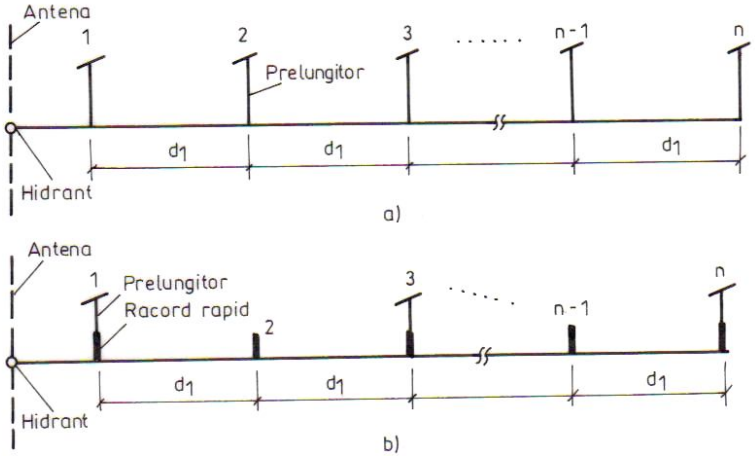



Fig.4.11. Scheme de realizare a aripii de udare prin aspersiune:
a- aripă continuă; b- aripă alternă

La montarea aspersoarelor pe aripile de udare se fo1oseşte racordul rapid şi prelungitoare cu lungimi de 450 mm, pentru culturile cu talie joasă şi respectiv 1350 mm, pentru culturile cu talie joasă.

Principalele tipuri de aripi de aspersiune folosite la noi în ţară sunt:

- **I.I.A.** (Instalaţie de Irigaţie prin Aspersiune) alcătuită din conducte de aluminiu şi aspersoare de tipul ASJ-1M

- **I.I.A.M.** (Instalaţie de Irigaţie prin Aspersiune Modernizată) este echipată cu aspersoare ASM- 1 sau ASM-2M, montate pe prelungitoare cu diametru mărit şi susţinute de un trepied.

- **I.I.A. – RTF 25** (Instalaţie de Irigare prin Aspersiune cu Racord pentru Tub Flexibil Φ 25 mm) a fost concepută pentru reducerea numărului cu mutări manuale. Tubul flexibil este montat cu un capăt la priza aspersorului de pe I.IA. şi cu celalalt capăt la prelungitorul aspersorului susţinut de trepied, având o lungime de 27 m. Instalaţia este echipată cu ASJ-1M.

**3. Agregate mobile de pompare şi udare**

Instalaţiile de irigare prin aspersiune (I.I.A., I.I.A.M şi I.IA.-RTF 25) funcţionează legate la hidrantul montat pe conductele subterane sub presiune sau acţionate de agregate mobile de pompare, alimentate din canale, puţuri sau alte surse de apă.

Agregatele mobile de pompare şi udare pot fi acţionate de motoare termice (A.P.T.) sau de motoare electrice (APE).

**Agregatul de pompare termic APT 50/60** are o pompă centrifugă, monoetajată AS-125, cu debit de pompare de 50 1/s şi lăţime de pompare de 60 m.c.a., acţionată de un motor Diesel D-103, cu putere de 5 CP şi turaţie de 1800 rotaţi pe minut. Agregatul poate deservi 4 aripi de udare, cu 15 — 16 aspersoare ASJ-IM, trei aripi cu 17 — 20 aspersoare sau aripi cu lungimi de 210 m dotate cu 7 aspersoare ASM-2M

**Agregatele de pompare electrice APE15O/250** sunt dotate cu pompă RDN 150/250, cu debite cuprinse între 60 şi 90 l/s, înălţimi de pompare între 78 m.c.a. şi 48 m.c.a., acţionate de motoare electrice de 75 kw sau 100 kw. La noi în ţară, de-a lungul canalelor de alimentare cu apă au fost trasate linii de curent electric aeriene, prevăzute la stâlpi cu prize pentru alimentarea APE - urilor.

**4. Instalaţii speciale de udare prin aspersiune**

Instalaţiile speciale de udare prin aspersiune sunt aripi de udare, care datorită gradului diferit de mecanizare sau automatizare nu mai necesită mutarea manuală de pe o poziţie de udare pe alta. Din punctul de vedere a modului de aplicare a udării instalaţile moderne se clasifică în:

a) - instalaţii cu saţionare pe durata udării;

b) - instalaţii în mişcare pe durata udării,

**a. Instalaţiile de udare cu staţionare pe durata udării** se împart in:

- instalaţii cu deplasare longitudinală prin tractare Towe-line (S U A, Anglia, Israel etc. şi I.A.T.L. (România);
- instalaţii autodeplasabile transversal pentru culturi joase: Side-Role, (S.U.A.) Voljanka, (Rusia) Perrot, (Germania) Whel-line (Australia) şi I.A.T. (România);
- instralaţii autodeplasabile transversal pentru culturi înalte: Tri-matic, (S.U.A., Franta) Nipru, (Rusia) Husky (Anglia) şi I.A.D.F. (România);
- instalaţii cu aripi de aspersiune remorcate după udare: Schlebusch (Germania) si Sigma (Cehoslovacia);
- instalaţii cu aspersor gigant: Robot-Rain, (S.U.A., Anglia) Irrifrance (Franţa);

**IA.T.L. 400** (Instalaţie de Aspersiune cu Tractare Longitudinală), este compusă dintr-o aripă de udare din conducte de aluminiu, cu lungimea de 400 m, pe care sunt montate din loc în loc cărucioare şi tălpi stabilizatoare, care permite deplasarea acesteia în linie dreaptă, prin tractare cu un cablu.

Acelaşi principiu este folosit şi la deplasarea instalapilor **I.A.T.L. - RTF 25** (Instalaţie de Aspersiune Tractată Longitudinal Racord pentru Tub Flexibil Θ 25 mm). De asemenea aripa de udare este prevăzută cu cărucioare şi tălpici stabilizatori, tractarea realizându-se după demontarea aspersoarelor şi adunarea tuburilor flexibile pe un suport montat pe aripa de udare.

**I.A.T. - 300 şi I.A.T. - 400** (Instalaţie Autodeplasabilă Transversal) sunt alcătuite din aripi de udare din aluminiu, cu lungimi de 300 şi 400 m, echipate cu aspersoare ASJ- 1M,

utilizate la irigarea culturilor cu talie joasă (lucernă, trifoi, etc.). Fiecare conductă este prevăzută la mijloc cu o roată metalică.

După terminarea udării aplicate pe o poziţie, instalaţia se deplasează pe poziţa următoare, acţionată de un motor termic sau hidraulic (alimentat de presiunea apei la hidrant) montat în zona centrală a aripii de udare, pe un şasiu cu patru roţi, care transmite mişcarea de rotaţie axului roţilor metalice, reprezentat de conducte.

**I.A.D.F. — 400 (Instalaţie de udare prin Aspersiune cu Deplasare Frontală)** concepută pentru udarea culturilor cu talie înaltă are conducta principălă de lungime 400m şi cu diametre de 150 sau 1 80 mm, montată pe cadre de susţinere cu roţi la înălţimi de 1,5 - 2,2 m. Aspersoarele ASM — 2 sunt montate la capetele unor conducte secundare transversale. Deplasarea pe nouă poziţie se face frontal, instalaţia având în componenă un motor electric. Pentru alimentarea cu curent electric în timpul deplasării se folosete un grup electrogen purtăt de un tractor.

**Instalaţiile cu aripi de aspersiune remorcate** Schlebusch (Germania) şi Sigma (Cehoslovacia) au aripă propriu-zisă din polietilenă de înaltă densitate pe care sunt montate cuplaje metalice pentru montarea aspersoarelor. După terminarea udării pe o poziţie, pentru deplasarea pe poziţia următoare, conducta din polietilena este rulată pe un tambur, montat pe un şasiu cu roţi, care poate fi remorcat de un tractor.

**Instalaţiile cu aspersor gigant** după terminarea udării pe o poziţie se deplasează automat pe noua poziţie, Robot-Rain, (S.U.A.) sau sunt tractate, Irrifrance (Franţa).

Instalaţia Robot-Rain este compusă dintr-un şasiu cu roţi pe care sunt montate aspersorul, generatorul, acumulatorul, motorul şi ansamblul de automatizare. Instalaţia se decuplează automat de la hidrant, se deplasează automat pe noua poziţie, folosind un palpator ghidat automat de o conductă metalica supraterană şi se cuplează automat la hidrant pe noua poziţe de udare.

b. **Instalatţiile de udare în mişcare pe durata udării** pot fi de următoarele tipuri:

- instalaţii cu aripi de aspersiune autodeplasabile, în consolă: Vermeer, Miller (S.U.A.) Bancilhon, Penotfrance, (Franţa) etc.

- Instalaţii de aspersiune autodeplasabile cu pivot central: Valley, Lockwood, Zimmatic, Gifford, (S.U.A.) Rainger 7 SPP, (Anglia) Irrifrance, (Franţa) Fregag, (Rusia) I.A.P. - 400 (România);

- instalaţii de aspersiune autodeplasabile transversal: Vallay Square-Matic, Zimmatic, (S.U.A.) D.D.A.-l00 M, (Rusia);

- instalaţii cu aspersor gigant: El. Rain, Rain-Bird, (SIJ.A.) Roilmat Perrot, (Germania), Typhon, (Franţa), Bauer, (Austria) IATF - 300, (România);

**Instalaţia de udare prin aspersiune autodeplasabilă, în consolă** este compusă din două conducte (console) care se rotesc în jurul unui ax, fiind acţionate de energia hidraulică a apei, primite de la hidrant. Conductele sunt montate pe un cadru cu roţi care asigură deplasarea, şi sunt prevăzute cu duze dispuse astfel încât jeturile să determine rotirea, folosind principiul forţelor de reacţie.

**Instalaţia de aspersiune Autodeplasabilă cu Pivot central I.A.P. - 400** este compusă dintr-o conductă de 400 m, susţinută de cadre metalice montate pe roţi care asigură rotirea în jurul pivotului central reprezentat de hidrant. Rotirea instalaţiei poate fi acţionată electric, hidraulic sau oleohidraulic,

Aspersoarele montate pe aripă de udare sunt aşezate la distanţe mai mari în apropierea pivotului şi la distanţe din ce în ce mai mici înspre capătul aripii sau sunt amplasate la aceiaşi distanţă dar cu caracteristici tehnice diferite, în vederea asigurării unei umectări uniforme a suprafeţei deservite.

Suprafaţa udată de tin I.A.P — 400 este în cerc cu raza de 400 m, prin urmare, dacă luăm în considerare că unei instalaţii îi revine suprafaţa unui pătrat cu latura de 800 m, această suprafaţă nu este udată în totalitate, rămânând la colţuri suprafeţe neudate.

Instalaţiile moderne cu pivot central, cum este Valley corner system, sunt prevăzute cu conducte telescopice care se lungesc automat la colţlurile pătratului, asigurând udarea totală a acestei suprafeţe.

**Instalaţiile de aspersiune autodeplasabile transversal** au aripa de udare suspendată pe cadre cu roţi, acţionate hidraulic, care asigură deplasarea transversală.

Alimentarea se poate face de la hidrant prin intermediul unui furtun flexibil, situaţie în lungimea aripii este de 400 m sau dintr-un canal, prin intermediul unei pompe proprii, în care lungimea aripii este de 800 m.

Suprafaţa udată este dreptunghiulară, având lăţimea egală cu lungimea aripii de aspersiune.

**Instalaţia de Aspersiune cu Tambur şi Furtun, IATF – 300.** Este compusă dintr-un şasiu, montat pe două roţi, prevăzut cu cârlig pentru cuplare la tractor. Pe şasiu este montată o turelă care se roteşte şi susţine un tambur pe care se adună furtunul, la capătul căruia este montat un cărucior pot aspersoare. (fig.4.12.).

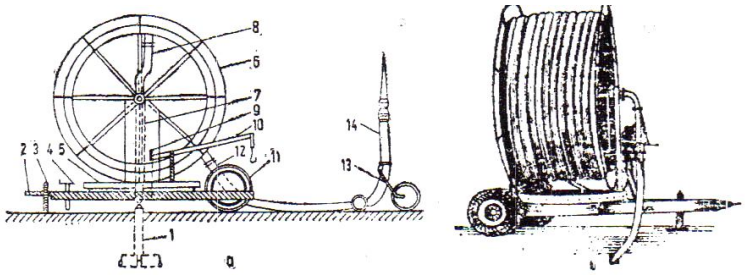



Fig.4.12. Schiţa instalaţiei de udare prin aspersiune cu tambur şi furtun I.A.T.F
a- părţi componente; b- vedere generală;
1 – hidrant, 2-şasiu, 3- picior de sprijin, 4-cric, 5-turelă, 6-tanbur, 7- conductă de alimentare, 8-refulare, 9- motor hidraulic cu burduf, 10- dispozitiv de ridicare cărucior port-aspersore, 11- roată de sprijin, 12- furtun, 13- cărucior port-aspersoare, 14- dispozitiv de udare

Furtunul din polietilenă, cu lungimea de 300 m şi diametrul de 110 mm, pe lângă alimentarea aspersoarelor cu apă, mai are rolul de a tracta căruciorul port-aspersoare în timpul aplicării udărilor prin rotire acestuia pe tambur. Pulverizarea apei se realizează cu unul sau două aspersoare reactive ARS - 2, cu funcţionare în sector de cerc.

Suprafaţa udată de o instalaţie este dată de lungimea furtunului şi lăţimea de lucru a aspersoarelor. Instalaţia poate funcţiona legată la hidrantul care asigură presiunea necesară motorului hidraulic pentru rotirea furtunului sau poate fii acţionată de un agregat de pompare APT 50/60, care poate acţiona simultan 2 - 3 instalaţii.

### 4.7.4. Elemente tehnice şi indicii de calitate ai udării prin aspersiune

Ploaia artificială realizată prin aspersiune trebuie să fie în strânsă corelaţie cu condiţiile naturale, climă, sol şi cerinţele plantelor cultivate. De aceea se impune o foarte bună cunoaştere a elementelor tehnice şi calităţile aspersorului, respectiv ale instalaţiilor mobile de udare. Aceste elemente tehnice sunt: intensitatea p1oii, fineţea ploii, uniformitatea udării, eficienţa udării, timpul de funcţionare pe o poziţie, ciclul de udare şi necesarul de echipamente mobile.

***Intensitatea ploii***

Intensitatea ploii sau *pluviometria orară* reprezintă înălţimea stratului de apă realizat prin aspersiune la suprafaţa solului în unitatea de timp. Acest parametru trebuie corelat cu caracteristicile solului (textură, viteza de infiltraţie a apei în sol) pentru a evita fenomenul de băltire şi scurgere a apei la suprafaţa terenului şi cea factorilor de climă (temperatura, evaporaţie, viteza vântului) pentru a evita o udare neuniformă. În acest context, cercetările de specialitate au stabilit valorile limitative ale acestor parametrii, cât şi influenţa lor asupra aspersiunii.

Intensitatea medie orară este redată în tabelul cu caracteristicile tehnice ale aspersoarelor, şi se determină cu relaţia:

$$I_h = \frac{1000 \cdot q_{asp}}{d_1 x d_2} \quad \text{(mm/h)}$$

în care:

- $q_{asp}$ - debitul aspersorului ($m^3/h$);
- $d_1$ - distanţa dintre aspersoarele de pe aripă (m);
- $d_2$ - distanţa dintre aripile de udare (m).

Pentru a nu se produce fenomenul de băltire, între intensitatea orară $I_h$ şi viteza de infiltraţie a apei în sol $V_i$ (m/s) trebuie să existe corelaţia următoarea:

$$V_i \geq I_h$$

***Fineţea ploii***

Fineţea ploii reprezintă gradul de pulverizare a jetului de apă de către aspersor. Are importanţă în practica irigaţii1or prin corelaţia ce se realizează cu solul şi planta. Mărimea picăturilor de apă influenţează viteza de infiltraţie a apei în sol.

Se recomandă ca mărimea picaturilor să fie între 0,5 şi 1 mm. Picăturile mai mici de 0,5 mm duc la pierderi mari prin evaporaţia apei din jet şi la stabilitate mică la vânt, modificând mult raza de stropire a aspersorului, în timp ce picăturile mai mari pot provoca distrugerea culturilor sensibile.

Aprecierea fineţii ploii se face cu următorii indici:

*a. Indicele de fineţe:*

$$K_p = \frac{d}{H}$$

în care:

d - diametrul duzei aspersorului (mm);

H - presiunea apei la aspersor (metri coloană de apă – m.C.A.);

Calitatea ploii se poate interpreta astfel:

- $K_p < 0,3$ se consideră ploaie fină, recomandată pentru tutun, plante semincere, altor culturi sensibile, terenuri de curând însămânţate, flori, pe soluri grele;
- $K_p = 0,3 - 0,5$ ploaie medie, recomandată pentru pomi, plante ierboase, pe soluri medii, medii spre grele;
- $K_p > 0,5$ ploaie grosieră, recomandată pentru păşuni şi fâneţe, pe soluri nisipoase şi uşoare

*b. Coeficientul de fineţe:*

$$\beta = \frac{R}{H}$$

în care:

R - raza de acţiune a aspersorului (m);

H - presiunea apei la aspersor (m.C.A.);

În funcţie de valorile coeficientului β ploaia poate fi apreciată astfel:
- β < 1 ploaie foarte fină, recomandată pentru legume;
- β = 1,0 - 1,1 ploaie fină, pentru terenuri şi culturi variate;
- β = 1,1 - 1,2 ploaie medie, pentru culturi stabile;
- β = 1,2-1,3 ploaie potrivit de mare, pentru păşuni şi fâneţe;
- β > 1,3 ploaie mare, nefolositoare.

*c. Coeficientul de pulverizare*:

$$\alpha = \frac{H}{d}$$

în care:

H - presiunea apei la aspersor (metri coloană de apă – m.C.A.);
d - diametrul duzei aspersorului (mm);

Recomăndările după valorile coeficientului de pulverizare sunt următoarele:
- α = 2,5 - 5 - valori recomandate;
- α > 5 - se consumă a cantitate prea mare de energie;
- α < 2,5 ploaie grosieră;

Pentru irigarea legumelor şi florilor se recomăndă α = 3,3 - 5,0, iar pentru culturi de câmp: α = 2,5 - 3,3.

***Uniformitatea udării***

Uniformitatea udării reprezintă modul de repartizarea a apei aspersate pe suprafaţa terenului. Poate fi determinată experimental în laborator şi în camp; în laborator se determină uniformitatea de udare a unui singur aspersor, iar în câmp se determină uniformitatea de udare a aspersoarelor aşezate în schemă de udare ($d_1$ x $d_2$).

Pentru aprecierea uniformităţii udării prin aspersiune se folosesc următoarele metode:
- metoda Christiansen;
- metoda Pearson;
- metoda determinării uniformităţii de udare în câmp (pe suprafeţe neudate, părţial udate sau udate în exces).

***Eficienţa udării***

Eficienţa udării evaluează cantitatea de apă ajunsă pe sol, restul fiind pierdută prin evaporare:

$$E_u = \frac{V \cdot C_u}{100}$$

unde:

V - cantitatea de apă căzută pe sol şi plante din cea total aspersată (aproximătiv 90 %);
C - coeficientul de uniformitate a udării după Christiansen (%).

Coeficientul de apreciere a eficienei udării $E_u$ are întotdeauna valori subunitare $E_u < 1$, datorită pierderilor de apă prin evaporare.

***Timpul de udare***

Timpul de udare sau timpul de funcţionare pe o pozie de udare, se calculează cu relaţia:

$$t_f = \frac{m}{10 \cdot I_h} \quad \text{(ore)}$$

unde:

m - normă de udare (m3/ha).;

$I_h$- intensitatea orară a ploii (mm/h).

***Ciclul de udare***

Ciclul de udare (T) reprezintă timpul necesar pentru efectuarea tuturor operaţiilor aferente pentru punerea în funcţiune a unui echipament pe o nouă poziţie de udare.

La mutarea mecanizată, T se calculează astfel:

$$T = t_f + t_m \quad \text{(ore)}$$

unde:

$t_m$ - timpul de mutare (ore);

$t_f$ – timpul de udare (ore)

La mutarea manuală, T se calculează astfel:

$$T = t_f + t_m + t_{zv} \quad \text{(ore)}$$

în care:

$t_{zv}$ - timpul de zvântare a terenului (ore).

Timpul de zvântare se consicleră de 0,5 – 1,0 oră pe terenuri mijiocii, udate vara şi 1,5 - 2 ore pentru cazul când s-au folosit aspersoare mari, pe terenuri grele, în sezonul de primăvară.

***Necesarul de echipament mobil de udare***

Necesarul de echipamente mobile de udare se calculează la proiectare în funcţie de suprafaţa deservită de o aripă de udare. Suprafaţa udată de o aripă de aspersiune $S_a$ este dreptunghiulară, având lăţimea dată de distanţa dintre două aripi $d_2$ şi lungimea udată $l_u$.

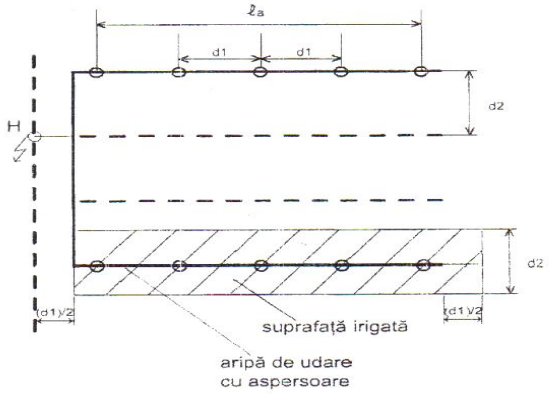



Fig.4.13. Stabilirea suprafeţei deservite de o aripă de udare

Suprafaţa deservită de o aripă de aspersiune se determină cu relaţia:

$$Sa = l_u \cdot d_2 \quad (m^2)$$

Lungimea udată de o aripă de aspersiune este:

$$Lu = L_a + d_1/2 + d_1/2 = L_a + d_1 \quad (m)$$

unde:

$L_u$- lungimea reală a aripii de aspersiune (m);

$d_1$- distanţa dintre aspersoare pe aripă de udare; (m);

Suprafaţa deservită de o aripă de udare într-o zi este calcuată cu relaţia:

$$S_{zi} = N_{cz} S_a$$

în care:

$N_{cz}$ - numărul de cicluri zilnice;

$S_a$ - suprafaţa deservită de o aripă de aspersiune

Suprafaţa deservită de o aripă de udare într-un sezon se determină cu relaţia:

$$S_{sez} = T S_{zi}$$

în care:

T - timpul de udare (zile).

Necesarul de aripi de udare Na se calculează pentru fiecare categorie de culturi, ca raport între suprafaţa totală ocupată de o cultură $S_{tot\ cult.}$ şi suprafaţa udată de o aripă într- un sezon:

$$N_a = \frac{S_{tot\ cult}}{S_{sez}}$$

O etapă importantă în alegerea aspersoarelor se referă la stabilirea: debitului şi razei de acţiune; presiunii de lucru; schemelor de functionare $d_1$ x $d_2$, fineţii ploii; mărimii normei de udare ce trebuie aplicată folosind aspersorul ales.

Din punct de vedere hidraulic, aripa de aspersiune este o conducăătă cu debit uniform distribuit pe parcursul lungimii sale. La proiectarea ei se calculează, conform relaţiilor cunoscute din literatura de specialitate, lungimea maximă admisă, punându-se condiţia Cristiansen pentru diferenţele de debit şi presiune. Această condiţie impune ca între capătul amonte şi capătul aval al aripi de udare şi respectiv pe lungimea economică a aripii de aspersiune să nu existe o diferenţă mai mare de 20% din presiunea de lucru a aspersorului.

## 4.8. UDAREA LOCALIZATĂ PRIN PICURARE

### 4.8.1. Generalităţi privind irigaţia localizată

Originară din Israel această metodă de udare prin picurare este relativ nouă, datând de circa 60 de ani. Metodă de udare constă în distribuirea apei pe teren în mod lent, sub formă de picături. Face parte din categoria irigaţiei localizate, metodă ce se caracterizează prin aceea că apa distribuită pe teren umectează numai o parte din suprafaţa solului, rămânând în intervalul dintre rânduri şi chiar pe rând porţiuni neumezite.

Irigare prin picurare a fost utilizată la început în sere şi în case de vegetaţie, apoi, odată cu dezvoltarea industriei de mase plastice, şi mai ales după reducerea costului de producţie a tuburilor şi conductelor a început să se aplice în câmp, mai întîi în zonele aride, dar şi în zonele cu climat temperat.

Alături de Israel, Grecia şi Franţa deţin unele din cele mai mari amenajări de irigaţii prin picurare. În anul 1975 suprafaţa amenajată pentru irigaţii prin picurare, inclusiv variante ale acesteia, însuma pe glob circa 110 000 ha, iar la nivelul anului 1980 suprafaţa ajunsese la 348 000 ha. Se apreciază că la nivelul anului 2000 s-a ajuns la circa 800 000 ha amenajate pentru udarea prin picurare, (Pleşa I, Cîmpeanu S. - 2005).

Distribuţia apei prin această metodă de udare se face prin aplicarea apei la nivelul solului picătură cu picătură, cu un debit redus şi presiune practic nulă cu ajutorul picurătoarelor sau a microtuburilor capilare.

Eficacitatea apei distribuite punctual depinde în mod esenţial de condiţiile în care se face difuzia ei în sol (pe verticală dar mai ales pe orizontală). În consecinţă este absolut necesară cunoaşterea repartiţia apei în sol în raport cu zona de dezvoltare a rădăcinilor

plantelor irigate. Această cunoaştere este cu atît mai importantă cu cât prin picurare există şi posibilitatea administrării de îngrăşăminte odată cu apa de irigaţie.

În figura 4.14. este prezentată schema de amenajare pentru irigarea localizată.

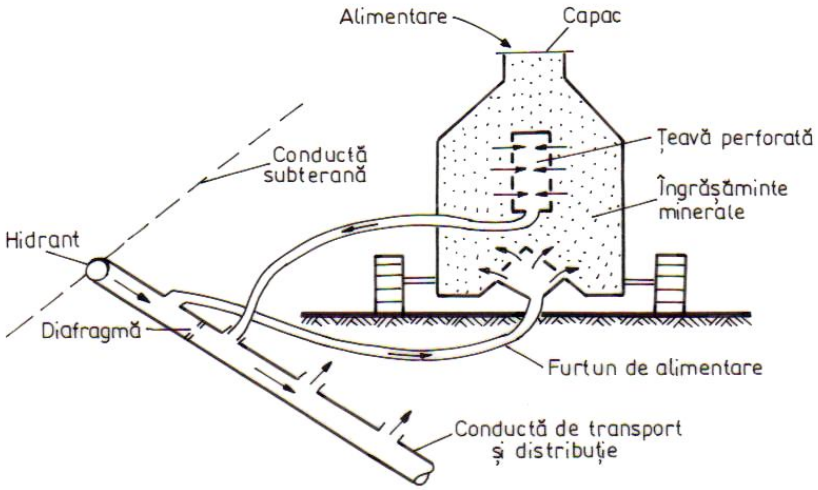



Fig.4.14. Schema de amenajare pentru irigaţia localizată

Metoda foloseşte instalaţii alcătuite dintr-o reţea de conducte din material plastic (amplasate subteran sau la suprafaţa terenului) prevăzute cu dispozitive speciale de picurare, la anumite distanţe, în funcţie de planta ce se irigă.

Această metodă poate fi practicată în mai multe moduri:

1. Din punct de vedere al ***distribuţiei apei*** se pot întîlni:

- distribuţia apei la fiecare plantă cu un picurător (simplu sau multiplu) sau cu mai multe picurătoare:
- distribuţia apei la fiecare rând de plante, care se poate realiza cu picurătoare dispuse uniform, distribuite pe o linie sau chiar două linii de picurătoare la un rînd. Există şi posibilitatea utilizării de tuburi perforate ce utilizează rigole, trasate în lungul rândurilor de plante (metoda de udare prin rampe perforate);

2. Din punct de vedere al ***tipului de echipament de udare şi al distribuţiei apei*** se pot întîlni:

- amenajări cu întregul echipament fix (la plantaţii vitipomicole şi în sere), cu udare continuă sau discontinuă în timp;
- amenajări cu echipamentul mobil (linii de picurare şi conducte secundare).

O tendinţă a folosirii polivalente a irigaţiei se remarcă şi la udarea prin picurare, instalaţia cuprinzînd un recipient de fertilizare, care poate fi utilizat şi pentru protecţia fitosanitară.

Se remarcă faptul că la udarea prin picurare cantităţile de îngrăşăminte aplicate sunt mult mai reduse, faţă de cantităţile folosite la udarea prin brazde sau aspersiune. Specialiştii apreciază o reducerea cheltuielilor de 2 – 3 ori. La fel, consumul de produse fitosanitare se reduce semnificativ la metoda de udare prin picurare.

Amenajarea interioară pentru irigaţia prin picurare poate avea întreaga reţea fixă (la plantaţii vitipomicole, în sere şi solarii) sau o parte din echipament – conductele de udare – mobilă. Costul amenajării în cea de-a doua variantă poate fi comparabil cu cel al amenajărilor de irigaţie prin aspersiune sau brazde, iar cazul amenajărilor în totalitate fixe, costul se ridică la valori ce pot depăşi de 5 – 10 ori valoarea unei amenajări clasice.

Preţurile sunt în strânsă concordanţă cu lungimea conductelor pe suprafaţa de un hectar şi cu instalaţiile de filtrare a apei. Valoarea dispozitivelor de filtrare a apei se estimează la 10 – 15% din valoarea investiţiei totale.

### 4.8.2. Avantaje şi dezavantaje ale metodei de udare prin picurare

Metoda de udare prin picurare prezintă următoarele avantaje:

*În raport cu planta*:

- aparatul foliar nu este udat, ceea ce limitează posibilitatea de transmitere a germenilor patogeni:
- nu se spală produsele fitosanitare administrate foliar;
- nu se creează depozite saline la suprafaţa plantelor;
- nu se înregistrează o răcire bruscă a organelor aeriene ale plntelor deci nu mai intervin restricţii în ceea ce priveşte programul orar de aplicare a udărilor;
- referitor la înflorire, polenizare se produce în condiţii mai bune şi în consecinţă producţia va fi mai ridicată;
- fructele sunt mai puţin sensibile la putregaiul de tip Botrytis;
- apotul de apă, fiind lent şi regulat, sistemul radicular nu mai este supus unor răciri bruşte care sunt frecvent responsabile de stressul hidric;
- solul poate fi menţinut relativ constant la un nivel al umidităţii optim pentru plante.

*În raport cu solul:*

- în principiu o irigaţie prin picurare bine condusă nu trebuie să conducă în sol la atingerea capacităţii de saturaţie, ceea ce evită degradarea structurii şi migrarea elementelor fine, menţinând astfel o bună aerare a stratului arabil;
- se evită fenomenele de tasare a solului;
- se evită împroşcarea plantelor cu particule de sol, micşorând astfel riscurile contaminării fungice sau bacteriene;

*În raport cu alte metode de irigare:*

- prin această metodă se înregistrează o reducere importantă a pierderilor prin evapotranspiraţie, pierderile prin percolare nefiind întodeauna uşor de stopat;
- metoda utilizează presiuni foarte scăzute, ceea ce se traduce în economie de energie necesară pompării;
- este puţin pretenţioasă la condiţiile de sol, relief, regim hidrologic putând fi folosită pe terenuri cu pante mari, denivelate sau cu nivel freatic ridicat;
- poate folosi apă cu un grad mai ridicat de mineralizare, ţinând cont de faptul că nu intră în contact direct cu planta;
- automatizarea udărilor se realizează cu cea mai mare uşurinţă şi cu cele mai mici costuri în comparaţie cu alte metode de udare;

*În raport cu alţi factori de producţie:*

- terenul rămâne tot timpul accesibil, funcţionarea acestui sistem fiind independentă de celelalte operaţii de întreţinere a culturilor;
- în cazul sistemului de cultură acoperit cu folie din material plastic, irigaţia prin picurare este singura metodă aplicabilă;
- permite aplicarea odată cu apa de irigaţie a unor produse de fertilizare lichide sau uşor solubile.

*În raport cu factorul uman:*

- reduce la maximum forţa de muncă necesară;

Principalele dezavantaje ale metodei de udare prin picuare sunt următoarele:

- investiţie specifică ridicată;
- fragilitate ridicată la aplicarea udărilor de întreţinere;
- fiabilitate redusă a amenajării (cca 10 ani);
- pericolul înfundării picurătoarelor datorat unei filtrări defectuoase a apei, fie compuşilor chimici care prin precipitare se depun pe pereţii conductelor şi ai orificiilor picurătoarelor;
- anumite soluri, foarte sărace în particule argiloase şi prăfoase (sub 10%) nu permit o difuzie laterală suficientă, extinderea laterală a bulbului de umezire rămânând foarte redusă. În măsura în care irigaţia localizată este indicată în aceste cazuri de către alţi factori, se va recurge la microaspersiune;
- în momentul înfiinţării culturii irigaţia prin picurare poate fi insuficientă pentru umezirea întregii suprafeţe. În aceste cazuri, irigaţia prin picurare se va aplica după utilizarea temporară a aspersiunii (cazul culturilor de căpşuni); aspersiunea va fi aplicată fie prin intermediu microscoapelor, fie prin intermediul aspersoarelor clasice, intensitatea de udare neputând depăşi 3-4 mm/oră.

### 4.8.3. Componenţa unei instalaţii de irigare prin picurare

O instalaţie de irigare prin picurare se compune din următoarele părţi: ansamblul frontal, conducte de transport (sau de distribuţie, conductele de udare şi dispozitivele de picurare.

Instalaţia de irigare prin picurare IUP – 1; de fabricaţie românească, sunt instalaţii disponibile într-o gamă din ce în ce mai diversificată, fiind oferite şi pe piaţa românească de către numeroşi furnizori de echipamente de irigaţii, în multiple variante constructive.

***Ansamblul frontal*** are rolul de a asigura protecţia şi controlul calităţii apei, măsurarea şi reglarea presiunii şi volumelor de apă distribuite în reţea etc. (fig.4.15).

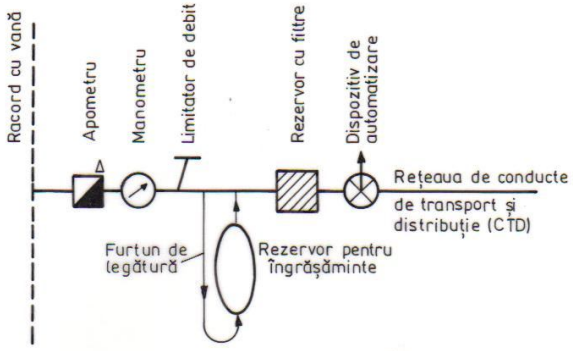



Fig.4.15. Ansamblul frontal al instalaţiei de udare prin picurare

Este format din: racordul la antenă prevăzut cu vană, apometru, manometru, limitatoare de presiune şi de debit, furtun de legătură la rezervorul de îngrăşăminte lichide, filtre, dispozitive de automatizare etc.:

- Apometrul măsoară debitul sau volumul de apă intrat în reţea;

Instalaţia IUP – 1 este prevăzută cu apometru + vană contorimetru şi vană hidraulică cu site;

- Manometrul indică permanent presiunea de lucru;
- Limitatoarele de presiune şi de debit menţin în avalul secţiunii de amplasare a lor o presiune şi un debit de mărimi aproape constante;

Instalaţia IUP – 1 este prevăzută cu un regulator de presiune ($D_n$ = 100 mm) pentru limitarea presiunii la maxim 2,5 daN/cm$^2$ când se montează în amonte şi maxim 1,2 daN/cm$^2$/cm$^2$ când se montează în aval.

- Rezervorul cu îngrăşăminte lichide asigură distribuirea substanţelor fertilizante pentru suprafaţa irigată;

Instalaţia IUP – 1 este prevăzută cu un rezervor de îngrăşăminte chimice de 100 l, dimensionat pentru Pn 10 daN/cm$^2$. Racordul la intrarea apei în dispozitiv se face înaintea filtrului gravimetric, iar introducerea soluţiei în reţea, în amonte de filtrul cu sită. Pierderea de sarcină este în acest fel de 0,2 – 3 mCA.

- Filtrele separă suspensiile minerale sau organice prezente în apă prevenind astfel pericolul de înfundare a picurătoarelor.

Instalaţia IUP – 1 este prevăzută cu un filtru gravimetric şi un filtru cu sită.

Filtrul gravimetric este constituit dintr-un rezervor cu diametrul de 700 mm şi înălţimea de 1700 mm. Existînd mai multe fracţiuni granulare, apa circulă de la pietriş spre nisip. Procentele între diversele fracţiuni granulare sunt cu aproximaţie următoarele:

- nisip d = 1 – 3 mm – 150 dm$^2$;
- pietriş d = 4 – 8 mm – 120 dm$^2$;
- pietriş d = 10 – 15 mm – 9 dm$^2$;

Filtrul cu sită este alcătuit dintr-o sită dublă cu ochiuri de 0,315 x 0,2 mm, din inox, alamă sau poliamidă. Debitul asigurat este de 4- 6 l/s la o presiune nominală de 6 daN/cm$^2$. Filtrul cu sită asigură reţinerea fracţiunilor minerale trecute prin filtrul cu nisip şi pietriş.

***Conductele de transport*** (sau de distribuţie) sunt confecţionate din material plastic (PVC rigid pentru conductele subterane şi PVC plastifiat pentru conductele pozate la suprafaţă); au un diametru de 50 – 125 mm; alimentează cu apă conductele de udare.

***Conductele de udare*** reprezintă elementele active ale instalaţiei de udare prin picurare. Sunt confecţionate din polietilenă şi amplasate la suprafaţa terenului. În mod curent au diametrul de 12; 16; 20 şi 25 mm şi rezistă până la presiunea de 40 daN/cm$^2$ (presiunea minimă de lucru este de 0,3 – 1 daN/cm$^2$).

Conductele de udare sunt prevăzute cu dispozitive de picurare, montate la anumite distanţe, în raport de planta care se irigă.

***Dispozitivele de picurare*** (picurătoarele) preiau apa din conductele de udare şi o distribuie plantelor. Au rolul de a reduce presiunea apei de la aproximativ 1 daN/cm$^2$.

După tipul constructiv, dispozitivele de picurare sunt:

- rampe perforate – sunt conducte din mase plastice având orificii uniform distribuite pentru trecerea apei picătură cu picătură la suprafaţa solului, fig.4.16.

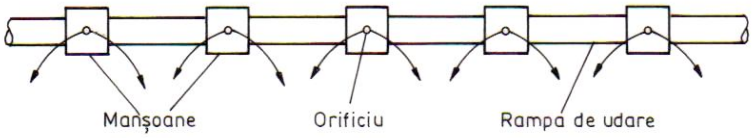



Fig.4.16. Rampe perforate

- picurătoarele – dispozitive montate pe rampa de udare, care au rolul distribuţiei picăturilor.

Sunt de mai multe tipuri constructive: picurătoare cu traseu lung (elicoidal, şicanat sau sub formă de microtuburi), picurătoarele cu traseu scurt, picurătoare autoreglabile, ciclonice, cu impuls etc.

*Picurătoarele cu traseu lung* sunt cele în care apa parcurge un drum în spirală pierzând din presiune până la fenomenul de picurare. Din această categorie fac parte microtuburile tip Tricklon cu orificiul de 0,8 mm.

Picurătoarele cu traseu lung realizează o bună uniformitate de udare, având o rezistenţă mare la înfundare. Sunt însă sensibile la variaţiile de temperatură, fapt de care trebuie să se ţină seama la programarea udărilor.

În legumicultură şi în general în culturile anuale se folosesc *picurătoarele ciclonice* de tip Vortex pentru gabaritul lor redus şi pentru faptul că nu au părţi care se pot agăţa de culturi în timpul mutării.

*Picurătoarele autoreglabile* menţin aproximativ acelaşi debit de apă pe toată durata udării indiferent de variaţiile presiunii apei din reaţea.

Pentru a realiza udări de calitate picurătoarele trebuie să îndeplinească mai multe condiţii între care două sunt absolut obligatorii şi anume:

- să realizeze debite mici, continui şi constante;
- să aibă rezistenţă bună la înfundare.

Diametrele orificiilor picurătoarelor trebuie să fie de la 0,4 la 2 mm. Diametrele mai mici de 0,7 mm sunt sensibile la înfundare, iar diametrele mai mari de 1,2 mm sunt puţin sensibile la înfundare.

### 4.8.4. Alegerea tipului de picurătoare

Ca o caracteristică esenţială, toate părţile componente ale unui picurător sunt fixe.

Disiparea presiunii este obţinută cu ajutorul unor elemente constructive diferite care asigură pierderi de presiune şi deci reducerea curgerii apei la fenomenul de picurare. Aceste pierderi de presiune pot fi asigurate: prin frecare, prin turbulenţă, prin deformarea unei membrane situate pe traseul picurătorului sau la ieşire

Debitul nominal al picurătorului este specificat pentru presiunea de 1 bar. În cazul culturilor legumicole, se utilizează în general picurătoare cu debitul de 2 l/oră. Picurătoarele cu debit de 4 l/oră se utilizează cu precădere în plantaţiile pomicole şi viticole. Deşi se produc şi picurătoare cu debite mai mari (până la 12 l/oră) acestea se folosesc foarte rar.

În ceea ce priveşte montajul picurătoarelor pe conductele de udare, acesta se poate face fie în linie, fie în derivaţie.

În ceea ce priveşte calităţile intrinseci ale picurătoarelor, interesează în mod deosebit coeficientul de variaţie $C_v$, care este dependent de tehnologia de fabricaţie, fiind cu atât mai important cu cât traseul apei este mai lung.

În ceea ce priveşte uniformitatea udării, se recomandă ca atunci când folosind picurătoare clasice se obţin variaţii de debit mai mici de 10% între punctul cel mai favorizat şi punctul cel mai defavorizat, să nu se recurgă la utilizarea picătoarelor autoreglabile.

Alegerea va depinde de forma suprafeţei amenajării şi configuraţia terenului, atunci când panta nu depăşeşte 4% putându-se utiliza picătoarele clasice. La pante mai mari de 4% se recomandă folosirea picurătoarelor autoregulatoare.

### 4.8.5. Determinarea consumului şi stabilirea necesarului de apă la udarea prin picurare

Consumul de apă depinde de felul culturilor, textura solului, intensitatea vântului, temperatua aerului, precipitaţii.

În studiul consumului de apă rezultat în urma mai multor experimentări se arată că metoda de udare prin picurare este foarte avantajoasă, deoarece consumul de apă este mic, la jumătate sau chiar mai puţin, faţă de metoda de udare pe brazde şi aspersiune.

În cazul irigaţiei prin picurare, evaporaţia este mult mai redusă, datorită suprafeţei mici udate numai în jurul plantei. Folosind metoda de udare prin picurare, umiditatea solului se menţine în limitele intervalului activ, astfel că apa nu poate trece cu uşurinţă într-o mişcare gravitaţională care să producă percolarea sub zona radiculară.

Pentru uşurarea calculelor, percolarea se consideră practic nulă faţă de evaporaţie.

Particularitatea calculul normei de irigare şi al debitelor specifice de dimensionare o constituie consumul redus de apă în comparaţie cu alte metode, în medie cu 30 – 50 % pentru culturile în rânduri dese (legume) şi cu 50 – 90% pentru culturi cu distanţa dintre plante variind între 3 şi 6 m. Abaterile de la aceste valori apar datorită condiţiilor de lucru, vârstei plantei şi climatului existent. Realizarea acestor economii se datorează controlului riguros al apei.

Repartiţia umidităţii în profilul solului este mai favorabilă plantelor, făcându-se în acelaşi timp o bună aerisire a solului. Această reducere este posibilă în condiţiile micşorării suprafeţei active udate, în comparaţie cu alte metode de udare. În cazul irigaţiei prin picurare, necesarul de apă trebuie privit atât sub aspectul volumului de apă necesar anual la ha – norma de irigaţie – cât şi sub aspectul debitelor specifice de dimensionare a amenajării de irigaţie prin picurare.

Cultura nu acoperă cu un covor complet, întreaga suprafaţă, gradul de acoperire fiind variabil în diverse stadii de vegetaţie ale plantei. Blidaru, V., Pricop Gh., Wehry, A., 1981, admit că norma de irigaţie pentru udarea prin picurare este o fracţiune din norma de irigaţie dată prin metode clasice (brazde, aspersiune), proporţională cu suprafaţa medie umbrită de cultură, raportată la întreaga suprafaţă a plantaţiei:

$$M_p = \alpha \cdot M_c$$

unde: $M_p$ – este norma de irigaţie la udarea prin picurare;

$\alpha$ - procentul mediu de suprafaţă umbrit de cultură;

$$\alpha = \frac{\sum \alpha_i t_i}{T}$$

$\alpha_i$ – procentul de suprafaţă umbrit de cultură în perioada $t_i$;

$T = \Sigma ti$ – durata de calcul a cosumului;

$M_c$ – norma de irigaţie în cazul metodelor clasice de udare.

Atunci când irigaţia prin picurare este singura sursă de apă (climat foarte uscat sau severă) valoarea $M_c$ se multiplică cu un coeficient $\theta$ – 1,1 datorită aşa-numitului efect de oază.

În cazul în care irigaţia are un rol complementar (cazul condiţiilor climatice din România) se propune ca acest factor de multiplicare $\theta$ să fie 1 sau chiar inferior aceste valori, pe criteriul posibilităţii migrării apei în zona de consum. Problema debitelor specifice de dimensionare a unei amenajări de irigaţie prin picurare este mai complexă; trebuie ţinut cont de tipul amenajării, lucru ce conduce la anumite frecvenţe ale udării şi de asemenea trebuie ţinut cont de scopul irigaţiei care poate fi asigurarea întregului necesar de apă al plantelor sau numi completarea unui deficit. Atunci când tipul de amenajare permite udări la intervale scurte de 1 – 3 zile (de exemplu, amenajări cu întreaga reţea fixă), irigaţia va trebui să satisfacă consumul maxim (cu asigurarea de calcul). Ţinând cont de mărimea suprafeţei umbrite de cultură ($\alpha$) şi de efectul de oază ($\theta$ – 1,1) se poate deduce următoarea formulă a debitului specific de dimensionare:

$$q_{iu} = \frac{27{,}7 \alpha E_{zi} n_{zi}}{t_u}$$

în care:

$q_{iu}$ - debitul specific de dimensionare a instalaţiei de udare, în l/s ha;

$E_{zi}$ – evapotranspiraţia potenţială zilnică maximă cu asigurarea de calcul, exprimată în mm;

$n_{zi}$ – numărul de zile între două udări;

$t_u$ – durata udării în ore.

La nivelul întregii amenajări, debitul specific în aceleaşi condiţii este :

$$q_{sp} = \frac{27,78\alpha E_{zi}}{t_{zi}}$$

în care:

$q_{sp}$ este debitul specific de dimensionare a unei amenajări, în l/s ha;

$t_{zi}$ – durata zilnică de udare, în ore.

Dacă suprafaţa este cultivată cu mai multe tipuri de plante se calculează o medie ponderată a valorilor $q_{spi}$ în funcţie de fiecare plantă.

În cazul în care frecvenţa udărilor este mai mică, 5 – 10 zile, iar irigaţia are rol complementar, evaporaţia zilnică $E_{zi}$ se înlocuieşte cu $D_{zi}$ (deficitul de umiditate zilnic maxim cu asigurarea de calcul), iar valoarea coeficientului θ se ia egală cu unitatea.

Valoarea deficitului poate fi stabilită pe o durată mai mare (de exemplu o decadă sau o lună).

$$q_{iu} = \frac{27,78\alpha D_{zi} n_{zi}}{t_u} \qquad q_{sp} = \frac{27,78 \cdot \alpha \cdot D_{zi}}{t_{zi}}$$

în care:

$D_{zi}$ este deficitul mediu zilnic pentru o durată $t_d$ (în mm);

$$D_{zi} = \frac{D_{td}}{t_d}$$

$D_{td}$ – deficitul de umiditate (mm) pe durata $t_d$ cu asigurare de calcul;

$t_d$ - durata pe care se calculează bilanţul apei pentru stabilirea deficitului de umiditate (zilnic): $t_d$ pote fi o decadă sau o lună.

Cunoscând debitul specific $q_{iu}$ şi $q_{sp}$, debitul de dimensionare Q se calculează cu relaţia:

$$Q = \frac{S \cdot q_{sp}}{C_u \cdot \eta_u}$$

în care:

Q este debitul de calcul, în l/s;

S – suprafaţa brută (totală) a zonei amenajate (ha);

$q_{sp}$ – debitul specific în sensul celor arătate mai sus (l/s·ha);

$C_u$ – coeficientul de uniformitate a udării, (de exemplu înn sensul dat de Christiansen). Uniformitatea udării se referă la zonele efectiv umectate;

$\eta_u$ – randamentul udării.

Relativ la valoarea consumului de aspersiune, situaţia se prezintă după cum urmează:

- la livezi tinere neintrate pe rod, 10 – 20% din norma de irigaţie;
- la livezi pe rod, 40 – 60% din norma de irigaţie;
- la arbuşti, flori, legume, 60 – 80% din norma de irigaţie.

Raportul dintre apa distribuită prin irigare şi cea evaporată este scăzut în prima parte a sezonului şi creşte spre sfârşitul verii. Principalul efect al creşterii frecvenţei irigaţiei este ridicarea nivelului minim de umiditate obţinut la sfârşitul unei singure udări.

Pentru România, udarea prin picurare se consideră că are perspective pe nisipuri şi pe terenuri cu textură nisipoasă din Câmpia Română, şi în Dobrogea, în primul rând în plantaţiile vitipomicole şi apoi în culturile de legume ca şi în zonele deficitare în surse locale de apă (Podişul Moldovei). Dacă se ţine cont că sunt terenuri cu textură nisipoasă, unele din ele nevalorificate suficient, putem considera necesarul de apă ca fiind egal cu 80 – 90% din evapotranspiraţia potenţială (Blidaru, V., Pricop Gh., Wehry, A., 1981- citaţi de Pleşa I şi Cîmpeanu S. - 2005).

### 4.8.6. Calculul elementelor regimului de irigare prin picurare

În calculul elementelor regimului de irigare trebuie să se ţină seama de unele particularităţi ale metodei de udare prin picurare legate de gradul de acoperire al terenului şi de suprafaţa efectiv umezită.

Aplicarea udărilor la această metodă se pot face în două moduri:

- **continuu**, zi de zi
- **sub forma normelor de udare,** adică aplicate la intervale de câteva zile.

**Norma de udare** se determină cu ajutorul relaţiei cunoscute, la care se intervine cu un coeficient de reducere φ:

$$\mathbf{m = 100 \cdot H \cdot DA(CC\text{-}P_{min}) \cdot \varphi}$$

în care:

H – este stratul de sol umezit, în m (mult mai redus decât la metodele clasice de udare); depinde de cultură şi de stadiul de vegetaţie;

φ – fracţiunea de sol efectiv umezit; depinde de textura solului, distanţa între conductele de udare, distanţa între picurătoare şi de debitul de picurare şi implicit este impus de cultura irigată şi de stadiul de vegetaţie al acesteia.

Cu cât debitul picurătorului este mai mare, textura mai fină şi distanţele între conductele de udare şi picurătoare sunt mai mici, cu atât φ se apropie de 1.

De obicei coeficientul φ are valori cuprinse între 0,20 şi 0,40. De aceea norma de udare prin picurare este de 100 – 400 $m^3$/ha (mai mare la culturile semănate în rânduri dese şi mai mică la pomi şi viţă de vie).

**Norma de irigare** se calculează folosind metoda cunoscută**.**

**Intervalul dintre udări** depinde, ca şi la celelalte metode de udare, de ritmul consumului de apă din sol şi de precipitaţiile căzute.

Se calculează cu relaţia:

$$ETRO_p = (\eta+\alpha)\cdot ETRO$$

$$T = \frac{m}{ETRO_p - p_z}$$

în care:

m – norma de udare prin picurare, în $m^3$/ha;

$ETRO_p$ – consumul de apă la udarea prin picurare;

$P_z$ – precipitaţiile medii zilnice, în $m^3$/ha·zi;

η – coeficient care ia în considerare efectul de oază al fâşiei umezite (de obicei η=0,10);

α – raportul dintre suprafaţa umbrită de cultură şi suprafaţa totală cultivată;

ETRO – consumul mediu zilnic de apă al culturii în cazul metodelor clasice de udare, în $m^3$/ha zi.

### 4.8.7. Elemente tehnice ale metodei de udare prin picurare

**Suprafaţa elementară de udare.** Acest element este direct dependent de culturile care se udă. Din această cauză, la fiecare plantă trebuie să fie prevăzute picurătoare cu debite astfel calculate încât să conducă la acoperirea necesarului de apă. Prin picurarea la baza tulpinii sau de la oarecare înălţime se creează în sol un bulb de umectare, datorită mişcării tridimensionale a apei. Acest bulb de umectare este de anumite forme şi mărimi, care depind de textura solului, debitul picurătorului, umiditatea solului, timpul de udare.

Diametrul bulbului de umectare are următoarele valori orientative, în funcţie de textura solului:

- sol uşor (nisipos) 0,40 – 0,80 m;
- sol lutos 0,60 – 1,20 m;
- sol argilos 1,00 – 2,00 m.

Spre deosebire de sistemele cu picurătoare, rampele perforate debitează apă într-o rigolă de o anumită lungime. Distanţa dintre rampe se ia egală cu distanţa dintre rândurile de plante şi variază în funcţie de culturi: 1,2 – 1,8 m, 6 m şi 4 – 8 m (legume, viţă – de – vie şi respectiv pomi).

**Debitul unui picurător – $q_p$ (debitul elementar)**

Fiecare plantă primeşte, cu ajutorul sistemului de udare prin picurare, apa necesară dezvoltării ei. La conductele de udare, debitul se calculează astfel încât în timpul de udare să se poată distrbui norma de udare cerută de plantă şi determinată anterior prin diferte metode. De obicei, fiecărei plante îi corespunde un picurător (la legume), dar sunt cazuri când pentru a satisface necesarul de apă sunt necesare mai multe picurătoare (la pomi). Pentru un picurător, debitul elementar atinge valori de 1 – 12 l/h (frecvent 2-4 l/h), astfel încât să se facă numai sub formă de picături. Pe o conductă de udare, debitul picurătoarelor variază în funţie de presiune, astfel încât la capătul amonte debitul este mai mare şi descreşte treptat spre aval, încercându-se totuşi să se distribuie, cu ajutorul picurătoarelor, un debit uniform. La conductele perforate debitul elementar este mai mare, ajungând până la valori de 70 l/h.

În cazul acestei metode se realizează condiţiile udării prin brazde, dar cu randament mult mai bun al udării şi un control riguros al distribuţiei apei.

**Distanţa dintre picurătoare ($d_p$)**

Pentru umezirea unei fâşi continui, distanţa dintre picurătoare este în funcţie de raza de umectare a picurătoarelor, iar aceasta depinde la rândul ei de mărimea debitului de picurare şi de textura solului.

Distanţa dintre picurătoare are valori între 0,2 – 2,00 m, fiind direct proporţională cu debitul picurătorului şi cu creşterea conţinutului de argilă fizică al solului corelată cu distanţa dintre plante. În tabelul 1. se prezintă recomandări privind distanţa între picurătoare în funţie de debit şi de textura solului.

Deoarece distanţa dintre picurătoare este indisolubil legată de repartiţia apei în sol, în cele ce urmează se vor prezenta câteva aspecte referitoare la această problemă.

Apa care pătrunde în sol, fiind distribuită sub formă de picături, va fi supusă acţiunii a două forţe:

1. Potenţialul gravitaţional care se exercită pe direcţie verticală descendentă;
2. Potenţialul matricial (forţele de sucţiune) care urmare a gradientului umidităţii solului se exercită în diverse direcţii depinzând de zonele de consum de apă în raport cu zonele aprovizionate.

Rezultatul acestor forţe conduce la constituirea în jurul punctului de picurare a unui volum de sol umidificat numit bulb de umezire.

Se cere ca sistemul de irigare prin picurare să fie astfel conceput încât bulbul de umezire să se formeze în zona de dezvoltare al rădăcinilor plantei. Se poate considera însă în acelaşi timp că mai ales în cazul culturilor anuale, sistemul radicular al plantei va avea tendinţa de dezvoltare în zona bulbului de umezire. Aceste interacţiuni nu pot fi cuantificate cu suficientă precizie decât ţinând cont de numeroşi parametri ce caracterizează o situaţie concretă. În consecinţă, nu se pot elabora reguli cu aplicabilitate totală în orice situaţie.

Eficacitatea udării prin picurare este direct legată de parametrii solului:

- **textura**; difuzia laterală va fi cu atât mai dezvoltată cu cât solul va conţine o proporţie mai mare de particule fine;
- **structura**; solurile cu o structură discontinuă, cu fisuri şi crăpături, cu un procent ridicat de argilă gonflabilă, nu asigură o bună difuzie laterală a apei. Prin reglarea densităţii picurătoarelor şi a timpilor de udare se pot regla temporar aceste neajunsuri dar această modalitate de rezolvare a problemei nu este recomandabilă;
- **starea de umiditate a solului**; solul trebuie menţinut la un nivel al umidităţii care să faciliteze difuzia laterală.

Se cunoaşte că la metoda de udare prin picurare, îngrăşămintele solubile sunt dizolvate şi distribuite pe teren odată cu apa de irigat. Din această cauză studiul repartiţiei apei în sol se referă şi la studiul distribuţiei sărurilor pe profilul solului.

Concentraţia în săruri solubile, inclusiv cele aduse prin fertilizare, are tendinţa de creştere graduală, dacă conţinutul de sare din sol sau apă este ridicat. Această tendinţă se remarcă în punctul superior de contact al fronturilor de umezire, iar mişcarea descendentă a apei are tendinţa de filtrare a unei părţi din surplusul de săruri. Dacă capacitatea de infiltraţie a sărurilor este mare şi mişcarea laterală a apei este redusă (solul nisipos), devine esenţială o micşorare a spaţiului dintre picurătoare.

Pentru că azotul şi fosforul nu sunt egal solubilizate, nu pot fi uniform distribuite în sol deoarece mişcarea fosforului împreună cu apa este limitată în timp ce azotul se mişcă uşor.

Metoda de udare prin picurare se foloseşte pentru a asigura plantelor o cantitate de apă la intervale scurte, uneori chiar zilnice. Se împiedică, în acest fel, acumularea de săruri în sol şi creşterea tensiunii osmotice în intervalul dintre udări. Astfel udarea prin picurare permite folosirea apei cu un anumit grad de salinitate.

În funcţie de debitul picurătorului şi de textura solului irigat, distanţa dintre picurătaore se prezintă în tabelul nr.4.8.

Tabelul nr.4.8.

Distanţa între picurătoare în funcţie de debit şi de textura solului

| Debitul (l/h) | Distanţa între picurătoare (m) la textura | | |
|---|---|---|---|
| | Grosieră | Mijlocie | Fină |
| 1,5 | 0,20 | 0,50 | 0,90 |
| 2 | 0,30 | 0,70 | 1,00 |
| 4 | 0,60 | 1,00 | 1,30 |
| 8 | 1,00 | 1,30 | 1,70 |
| 12 | 1,30 | 1,60 | 2,00 |

Pentru umectarea la plantă (în cazul pomilor fructiferi şi viţei de vie), distanţa între picurătoare se ia egală cu distanţa dintre plante pe rând.

**Numărul de picurătoare la o plantă ($N_p$).**

Se stabileşte în funcţie de consumul de apă al plantelor, de densitatea de plantare şi de felul culturii:

- pentru viţa de vie: 1–4 picurătoare (frecvent 2) la fiecare butuc;
- pentru pomi fructiferi 1- 10 picurătoare (frecvent 4) la fiecare pom.

Distanţa dintre picurător şi tulpina pomilor sau arbuştilor trebuie să fie egală cu raza de umectare a picurătorului. Distanţa mai mică de 50% din această rază provoacă dereglări în dezvoltarea rădăcinilor plantelor. Pentru culturile semănate în rânduri dese (culturi anuale de câmp şi seră) trebuie evitată amplasarea picurătorului lângă plantă deoarece zona saturată ce se formează în imediata apropiere a picurătorului este dăunătoare rădăcinilor care îşi pierd în acest mediu funcţia de absorbţie.

**Distanţa dintre conductele de udare ($d_{cu}$).**

La viţa de vie şi la pomii fructiferi, distanţa între conductele de udare este de obicei egală cu distanţa dintre rânduri.

La legume, distanţa între conductele de udare poate să fie de 1,4 – 3 m la castraveţi, tomate, varză şi de 1,6 – 1,8 m la salată, ridichi, ceapă, verdeţuri etc.

**Lungimea conductei de udare ($L_{cu}$)**

Se stabileşte în funcţie de lungimea parcelei ocupată de cultură şi de condiţiile încadrării în pierderile de sarcină admise (Criteriul Chriastiansen: pierderile de presiune să nu ducă la o depăşire a diferenţei de 10% între debitele amonte şi aval). Lungimea conductei de udare este cuprinsă, de regulă, între 50 şi 200 m.

**Durata udării prin picurare ($t_p$)**

Se determină cu formula:

$$t_p = \frac{m \cdot d_{cu} d_p}{q_p}$$

în care:

$t_p$ – este durata udării prin picurare, în h;

m – norma de udare, în mm col. apă;

$d_{cu}$ – distanţa între conductele de udare, în m;

$d_p$ – distanţa între picurătoare, în m;

qp – debitul unui picurător, în l/h

### 4.8.8. Calitatea udării prin picurare. Uniformitatea udării

Calitatea udării prin picurare depinde de presiunile apei din conducte (maximă şi minimă), care influenţează debitele de picurare, de calitatea execuţiei picurătorului şi de numărul de picurătoare la o plantă.

Coeficientul de uniformitate ($C_c$) se determină astfel:

$$C_u = 100\left(1 - \frac{1{,}27}{n_p} \cdot C_v\right)\frac{q_{\min}}{q_{med}}$$

în care:

$n_p$ – este numărul de picurătoare la o plantă;

$q_{min}$, $q_{med}$ – debitele, minim şi mediu, corespunzătoare picurătoarelor situate la capătul aval al conductei de udare şi la 0,4 $L_{cu}$ faţă de capătul amonte;

$C_v$ – coeficientul de variaţie care reflectă calitatea de execuţie a picurătorului (este specifică fiecărui tip de picurător), în %.

Se consideră o uniformitate de udare corespunzătoare când $C_u$>85%.

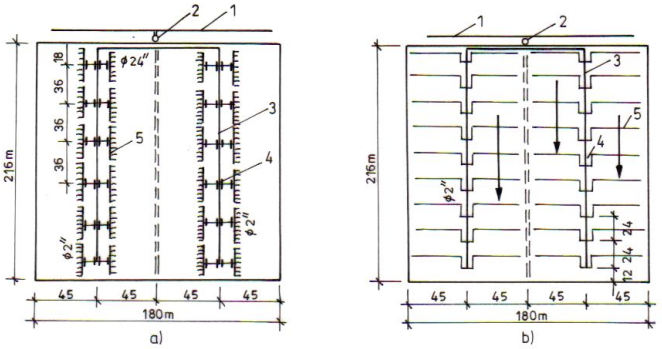
### 4.8.9. Tipuri de amenajări pentru metoda de udare prin picurare

Schema unei amenajări de udare prin picurare este asemănătoare cu cea a ubui plot de irigaţie prin aspersiune.

După tipul lor amenajările pot fi: fixe şi mobile.

*Amenajările de tip mobil* sunt utilizate la irigarea culturilor legumicole. Se compun dintr-o conductă de transport cu ∅ = 20 mm şi conducte de udare cu ∅ = 16 mm.

Conducta de transport poate avea două ramificaţii (fiecare în lungime de cca. 216 m), dispuse la o distanţă de 90 m, iar conducta de udare are o lungime de 45 m.




Fiecare ramificaţie a conductei de transport este prevăzută din 24 în 24 m cu racorduri scurte prevăzute cu robinete la care se cuplează conductele de udare.

Fig.4.17. Tipuri de amenajări pentru irigaţii prin picurare:
1 – antenă, 2-ansamblu frontal, 3-conductă de transport, 4- robinet, 5-conductă de udare, 6-direcţia de mutare

Se precizează că aceste dimensiuni sunt date cu titlu de exemplu, în practică ele trebuind adaptate la configuraţia suprafeţei amenajate.

*Amenajările de tip fix*, specifice pomilor fructiferi şi viţei de vie sunt asemănătoare celor mobile cu deosebirea că toate elementele instalaţiei rămân fixe pe teren în întreaga perioadă de vegetaţie.

## 4.9. REŢELE DE COUDUCTE SUB PRESIUNE ÎN SISTEMELE DE IRIGAŢII

Reţeaua de conducte sub presiune reprezintă ansamblul de conducte amplasate subteran, sub adâncimea de îngheţ (în România adâncimea de îngheţ este cuprinsă între 0,8-1,1 m).

Suprafaţa amenajată este împărţiă în ploturi deservite de o staţie de punere sub presiune (SPP). Conductele au rolul de a transporta apa de la staţia de repompare sau din canalul de aducţiune la aripa de udare, la o presiune corespunzătoare funcţionării optime a aspersoarelor. Se cunosc reţele de joasă presiune P = 3 - 4 daN/cm$^2$, respectiv, reţele de înaltă presiune, P = 6 - 7 daN/cm$^2$.

### 4.9.1. Tipuri de reţele de conducte subterane

***1. Reţelele ramificate*** sunt cele mai răspândite, însă prezintă o serie de dezavantaje:
- nu meninţ o presiune uniformă în reţea;
- favorizează depunerea aluviunilor;
- obligă scoaterea din funcţiune a reţelei din aval în cazul apăriţiei unei defecţiuni.

Reţelele ramificate pot fi rectangulare pentru suprafeţe intinse şi sistematizate sau nerectangulare, utilizate în cazul condiţionării sursei de apă.

Exemple de retele de conducte subterane ramificate: plot de irigaţi cu reţea de conducte subterane ramificată, simetrică şi SPP amplasat în centrul de greutate al suprafeţei (fig.4.18.).

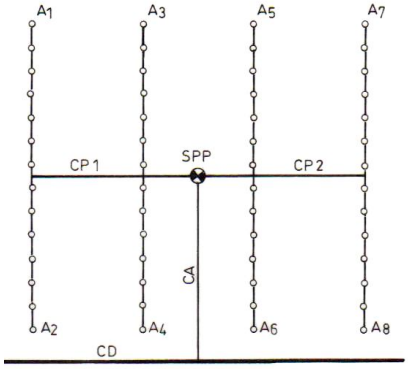



Fig.4.18. Reţea de conducte subterane ramificată simetric

Dacă suprafaţa terenului amenajat pentru irigaţii nu este orizontală amplasarea staţiilor de punere sub presiune SPP se face în zonele cele mai înalte ale terenului, oferind astfel un plus de presiune în reţeaua de conducte subterane, rezultând reţele de conducte ramificate asimetrice. (fig.4.19).

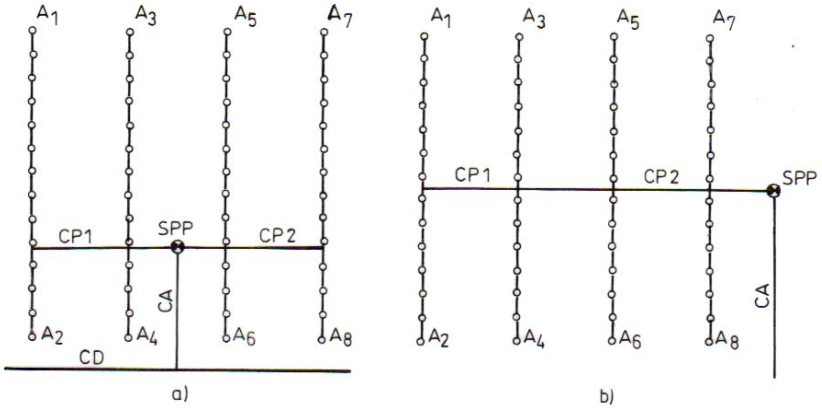
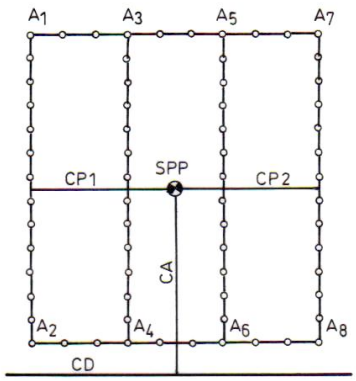



Fig.4.19. Reţele de conducte subterane sub presiune ramificate:
a – SPP amplasat asimetric; b – SPP amplasată la marginea plotului

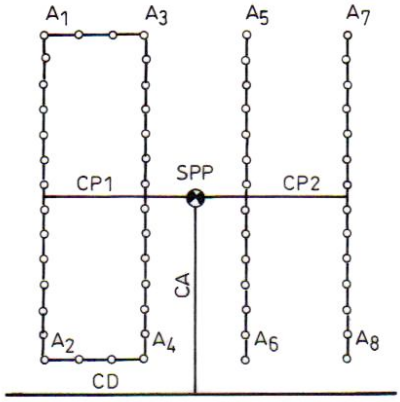
***2. Reţelele inelare*** sunt mai scumpe, însa pot fi folosite optim pe suprafeţe mari, în combinaţii cu reţeaua ramificată.




Sunt superioare reţelelor ramificate, deoarece permit alimentarea unui hidrant din două direcţii, oferind în acelaşi timp posibilitatea asigurării presiunii şi debitelor.

Fig.4.20. Reţele de conducte subterane sub presiune inelare

***3.Reţele mixte*** de conducte subterane sub presiune combină dezavantajele reţelelor ramificate cu avantajele reţelelor de conducte inelare. (fig.4.21).




Eficienţa amenajării de irigaţie este dată şi de forma şi tipul reţelei de conducte subterane.

Fig.4.21. Reţele de conducte subterane mixte

O reţea de conducte subterane trebuie să asigure următoarele:
- posibilitatea readaptării la condiţii noi, ce pot apărea pe parcursul exploatării, cum ar fi schimbarea metodei de udare sau a echipamentului de udare;
- un consum energetic minim,
- o funcţionare corectă a ansamblului hidrotehnic al sistemului.

Avantajele reţelei de amenajare cu conducte subterane sunt:
- economie de apă;
- reducerea suprafeţei de teren ocupate;
- condiţii îmbunatăţite de exploatare.

Reţelele de conducte subterane sunt realizate din:
- mase plastice, polietilenă, policlorură de vinil, având un sisterm de îmbinare tip mufă şi etanşare cu gamitură de cauciuc ;
- azbociment clasa 6/12, pentru o presiune de regim de 6 daN/cm$^2$ şi clasa 10/20. pentru o presiune mai mare, îmbinare cu mufă şi inele de cauciuc; (fig.4.22.).

Cele mai utilizate conducte subterane folosite în sistemele de irigaţi din ţara noastră sunt cele din azbociment.

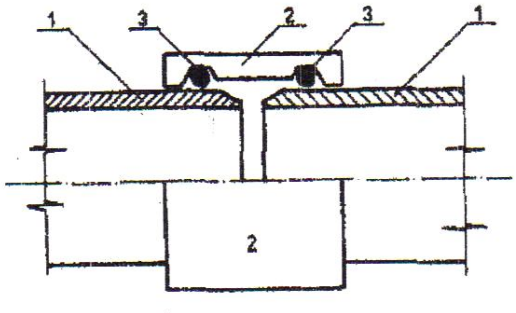



Fig.4.22. Imbinarea tuburilor din azbociment
1- tub din azbociment;
2 - manşon;
3 - garnituri din cauciuc

**Întrebări:**

1. Definiţi indicii hidrofizici care determină accesibilitatea apei pentru plante.
2. Definiţi regimul de irigaţie şi precizaţi elementele componente.
3. Ce reprezintă norma de irigaţie şi norma de udare, şi care este legătura dintre ele.
4. Ce este un sistem de irigaţie şi care sunt elementele sale componente.
5. Care sunt indicii calitativi ai apei pentru irigaţii şi valorile admise pentru utilizarea sursei respective de apă.
6. Ce înţelegeţi prin metode de udare şi care sunt principalele metode de udare folosite.
7. Avantajele şi dezavantajele metodei de udare prin aspersiune.
8. Enumeraţi şi descrieţi sumar componentele unei instalaţiei de udare prin aspersiune.
9. Avantajele şi dezavantajele udării localizate prin picurare.
10. Componenţa unei instalaţii de udare prin picurare.
11. Elementele tehnice ale udării prin picurare.

**BIBLIOGRAFIE**


| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Blidaru V. şi col. | - | Amenajări de irigaţii şi drenaje, Ed.Interprint, Bucureşti, 1997 |
| 2 | Constantin E., Mărăcineanu Fl. | - | Rolul îmbunătăţirilor funciare în dezvoltarea rurală durabilă, Ed.Cartea Universitară, Bucureşti, 2005 |
| 3 | Ceauşu N. şi col. | - | Îmbunătăţiri funciare, E.D.P., Bucureşti, 1976 |
| 4 | Cismaru C, Gabor V. | - | Irigaţii, Ed.Politehnium, Iaşi, 2004 |
| 5 | Gheorghiu I.M. | - | Îmbunătăţiri funciare, EDP, Bucureşti, 1964 |
| 6 | Man T.E. şi colab. | - | Hidroameliorаţii, Ed.ApriliaPrint, Timişoara, 2007 |
| 7 | Measnicov M. | - | Imbunătăţiri funciare, EDP, Bucureşti, 1975 |
| 8 | Nicolau C.şi col. | - | Îmbunătăţiri funciare. EDP, Bucureşti, 1970 |
| 9 | Pleşa I. şi col. | - | Îmbunătăţiri funciare şi irigarea culturilor. Lucrări practice, USAMV, AMC, Bucureşti, 2000 |
| 10 | Pleşa I., Cîmpeanu S. | - | Îmbunătăţiri funciare, Ed.Crisbook Universal, Bucureşti, 2001 |
| 11 | Savu P. şi col. | - | Îmbunătăţiri funciare şi irigarea culturilor. Lucrări practice. Ed.Ion Ionescu de la Brad, Iaşi, 2005 |
| 12 | Savu P, Bucur D. | - | Organizarea şi amenajarea teritoriului agricol cu lucrări de îmbunătăţiri funciare. Ed.Ion Ionescu de la Brad, Iaşi, 2002 |
| 13 | Stăncescu L.şi col. | - | Îndrumător tehnic pentru lucrări de îmbunătăţiri funciare. Ed.Ceres, Bucureşti, 1984 |
| 14 | Vermaier L., Jobling G.A. | - | L'irrigation localisee. O.N.U. pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 1983 |
| 15 | Wehry A. , Panţu H. | - | Amenajări hidroameliorative, Ed. ApriliaPrint, Timişoara, 2008 |

# UNITATEA DE ÎNVĂŢARE -V

# AMENAJĂRI PENTRU COMBATEREA EXCESULUI DE APĂ

**Cuvinte cheie:** exces de apă, drenaj de suprafaţă, drenaj subteran, schema cadru de amenajare a bazinului hidrografic, lucrări principale de drenaj, lucrări secundare (tehnici asociate), canale colectoare, canale de intercepţie a apelor exterioare, canale de transport şi evacuare, durata admisibilă a excesului de apă, forma secţiunii transversale a canalelor, reţeaua hidrodinamică a drenurilor subterane, rezistenţa de intrare a apei în dren, adâncimea de pozare a drenurilor, norma de drenaj, materiale filtrante pentru drenuri.

**Rezumat:**

Exploatarea agricolă a terenurile cu exces de apă prezintă limitări severe şi de aceea sunt necesare amenajări care să colecteze şi să evacueze apa în exces. Excesul de apă se produce atunci când umiditatea solului depăşeşte capacitatea de câmp pentru apă şi creşte în intensitate până la starea de băltire la suprafaţa terenului. Colectarea şi evacuarea excesului de apă de la suprafaţa terenului se face prin lucrări principale de drenaj de suprafaţă favorizate de aplicarea tehnicilor asociate de drenaj pe suprafaţa parcelei hidrologice (solei).

Colectarea excesului de apă din sol constă de obicei în coborârea şi menţinerea nivelului apei freatice la adâncimea corespunzătoare normei de drenaj, folosind drenuri tubulare subterane orizontale. Acestea sunt de două categorii: *drenuri absorbante* sub formă de tuburi cu spaţii sau perforaţii prin care excesul de apă din sol pătrunde în dren şi *drenuri colectoare* care preiau apa din drenurile aborbante şi o transportă spre un canal. Pentru îndeplinirea rolului lor drenurile absorbante trebuie pozate la o astfel de adâncime care să determine realizarea normei de drenaj.

Elementele tehnice ale unei amenajări de drenaj sunt: debitele specifice de evacuat, debitele de dimensionare a elementelor componente, criteriile de drenaj subteran, dimensionarea hidraulică a drenurilor, elementele tehnologice caracteristice drenurilor, alegerea şi dimensionarea filtrelor la drenuri.

Corectarea dinamicii defavorabile a factorilor naturali faţă de activităţile social-economice prin care se reduc degradările de mediu produse de cauze naturale sau activităţi antropice se face prin aplicarea unor lucrări de ingineria mediului.

Protecţia solului şi a resurselor de apă presupune perfecţionarea unor tehnici de îmbunătăţiri funciare care să regularizeze regimul de apă şi săruri din sol.

Asigurarea biodiversităţii – deosebit de variată în ecosistemele din zonele cu exces de apă – a supus reconsiderarea politicii privind utilizarea economică a acestor terenuri. În acest scop trebuie făcută o diferenţiere clară între terenurile cu folosinţă agricolă a căror valorificare este stânjenită de umiditate excesivă şi terenurile din categoria neproductiv cauzat de exces de apă. Acestea pot fi introduse în exploatarea economică pe baza unor studii ecologice amănunţite care să prevadă măsura cu care amenajarea terenului este favorabilă economic şi ecologic. Frecvent în astfel de cazuri se prevede constituirea unor arii protejate în care ecosistemele naturale să evolueze după legile proprii.

## 5.1. NECESITATEA ŞI OPORTUNITATEA LUCRĂRILOR DE DRENAJ

*Scopul lucrărilor de drenaj.* Ca domeniu component al lucrărilor de îmbunătăţiri funciare, drenajul terenurilor agricole se ocupă cu întregul complex de măsuri şi lucrări pentru prevenirea şi combaterea excesului de apă de la suprafaţa solului şi din profilul acesteia.

*Terminologia utilizată în drenaj.* Evoluţia cunoştinţelor tehnice privind circulaţia apei prin medii poroase a impus corectarea unor elemente din tehnica drenajului cu scopul de a exista o corespondenţă directă între elementul definit şi noţiunea exprimată de acesta. Astfel, în tehnica tradiţională se definea prin termenul *desecare*, ansamblul lucrărilor aplicate pentru combaterea în general a excesului de apă indiferent de cauza căreia i se datorează.

Pentru precizarea spaţiului în care se produce excesul de apă se utiliza acelaşi termen *desecare* pentru excesul de apă produs la suprafaţa solului şi termenul *drenaj* pentru excesul de apă produs pe profilul solului.

Extinderea colaborării ştiinţifice şi tehnice pe plan internaţional a impus modernizarea atât a limbajului cât şi a standardelor de proiectare şi execuţie a lucrărilor luând drept model experienţa tehnică a ţărilor occidentale dezvoltate. În acest cadru terminologia folosită defineşte prin **drenaj de suprafaţă** lucrările de combatere a excesului de apă de la suprafaţa terenului (sinonim cu desecarea) şi termenul de **drenaj subteran** care reflectă lucrările de colectare şi evacuare a excesului de apă din profilul solului.

Excesul de apă se produce temporar cu intensităţi variabile şi cu efecte defavorabile variabile. În condiţiile ţării noastre umiditatea excesivă se produce de obicei primăvara şi la începutul verii ceea ce împiedică declanşarea sezonului de exploatare agricolă cu efecte asupra diminuării producţiei şi calităţii acesteia.

O particularitate climatică generată de schimbările climatice globale constă în producerea unor fenomene extreme atipice. Acestea se manifestă fie sub forma unor precipitaţii foarte intense care produc inundaţii, fie sub forma unor temperaturi extrem de ridicate care generează secetă atmosferică şi pedologică.

Excesul de apă dacă se produce în perioada verii poate să determine distrugerea culturilor şi degradarea proprietăţilor fizice ale solului.

Principalele cauze ale excesului de umiditate sunt:

- precipitaţiile (32%),
- precipitaţii şi apă freatică (26%),
- apă freatică (17%),
- inundaţii (10%).
- terenurile cu soluri saline şi alcalice cu exces de umiditate (6%).

### 5.1.1. Cauzele excesului de umiditate

Producerea excesului de umiditate în ţara noastră este strâns legată de caracterizarea climatică a teritoriului.

Având un relief distribuit în trepte concentrice şi o aşezare la limitele de manifestare a unot tipuri climatice diferite (continental, excesiv continental, maritim) clima ţării noastre prezintă o mare variaţie ceea ce impune o diversitate de măsuri hidroameliorative.

Teritoriul ţării noastre este supus influenţei barice a două centre de mare presiune:

- anticiclonul subtropical din Atlanticul de Nord;
- anticiclonul subpolar din Siberia.

Aceasta face ca pe fondul climatului temperat continental al ţării să se manifeste influenţa oceanică în Nord şi Nord-Vest, mediteraneană în Sud-Vest şi extrem de continentală în Sud şi Sud-Est.

În funcţie de distribuţia şi variaţia principalelor elemente climatice, pe teritoriul ţării deosebim mai multe zone în care cauzele excesului de umiditate se manifestă diferit.

Zona umedă caracterizată prin: P = 600 - 1000 mm/an, ETP = 550 – 700 mm/an, $T_{med.an.}$= 4 – $9^0$C. Bilanţul apei în sol se poate exprima prin relaţia: rP/E >1, în sol predominând circulaţia descendentă a apei.

Zona subumedă caracterizată prin: P = 450 – 700 mm/an, ETP = 650 – 750 mm/an, $T_{med.an.}$= 8 – $11^0$C. Ploile au un caracter torenţial deseori; trecerea de la iarnă la vară este relativ rapidă ceea ce face ca topirea zăpezilor să se facă brusc, producând inundarea terenurilor. De regulă, bilanţul apei în sol reflectă caracterul de instabilitate al umidităţii solului: rP/E $\gtrless$1

Zona semiaridă (secetoasă) caracterizată prin precipitaţii reduse (P<550 mm/an) dar cu caracter torenţial, ETP = 700 – 800 mm/an, $T_{med.an.}$ = 10 – $11,5^0$C. Aici bilanţul apei în sol reflectă deficitul de umiditate existent în sol, rP/E <1

Analiza manifestării excesului de umiditate a permis evidenţierea principalelor cauze ale acestui proces (STAS 9539/74):

- precipitaţiile căzute pe suprafaţa amenajată;
- precipitaţiile căzute pe suprafeţele învecinate şi care se scurg pe suprafaţa amenajată;
- apele din pânza freatică;
- infiltraţiile prin dig şi pe sub dig;
- excesul de apă provenit din irigaţii, amenajări piscicole, etc.;
- inundaţiile.

**Precipitaţiile** constituie cauza principală a excesului de umiditate în ţara noastră, manifestându-se diferit în funcţie de zona climatică.

Cauza principală a formării norilor, plecând de la umiditatea conţinută în aer şi transformarea norilor în ploaie, este răcirea masei de aer, proces de origine dinamică. De fapt, norul este o masă de aer conţinând în suspensie un mare număr de mici picături cu ø = 1 – 20 μ, distanţate la cca. 1 mm între ele. Ploaia este formată din picături cu ø de 0,5 – 2,0 mm, deci de circa un milion de ori mai mare.

Prin concentrarea micilor picături de apă în jurul unor nuclee solide (particule de gheaţă, nuclee higroscopice de NaCl, $CaSO_4$, MgCl existente în suspensie în aer) se formează picătura de ploaie care cade spre suprafaţa terenului.

Principalele caracteristici ale unei ploi sunt: *durata, cantitatea şi intensitatea*.

Din totalul unei ploi care cade la un moment dat, o parte este reţinută de către vegetaţie (până la 10-25%, în cazul pădurilor) cu atât mai mult cu cât învelişul vegetal este mai bine reprezentat.

Volumul ploii care cade pe sol se împarte între infiltraţie şi scurgere, după raportul dintre pluviometria instantanee şi capacitatea instantanee de infiltrare a apei în sol. Cu cât pluviometria instantanee este mai mare faţă de viteza de infiltraţie instantanee, cu atât volumul apei care rămâne la surafaţa terenului este mai mare. Se apreciază că la ploile obişnuite, la suprafaţa solului rămâne un strat de apă cu grosimea de 2,5 – 5,0 mm.

În condiţiile de pantă a reliefului, apa reţinută la suprafaţa terenului dă naştere scurgerii de suprafaţă.

Caracterizarea acestui proces se face prin coeficientul de scurgere ($k_s$, α) care reprezintă raportul dintre volumul apei scurse pe sol şi volumul apei căzute. Valoric, $k_s$ are valori subunitare, cu o singură excepţie: suprapunerea ploii cu topirea zăpezii.

Când pluviometria instantanee este mai mică decât viteza de infiltraţie instantanee se produce absorbţia completă a apei de ploaie, fără să apară fenomene de scurgere. Dacă

pluviometria este mai mare, se poate produce la o anumită adâncime în sol, un strat de apă cu grosimea „h" care poate creşte până la suprafaţa terenului.

În cazul ploilor torenţiale, de scurtă durată are loc o ecurgere intensă imediat la începutul ploii. Ploile slabe, de lungă durată provoacă scurgerea numai după un anumit timp de la începerea lor.

**Apa freatică** constitue o cauză a excesului de umiditate frecventgă pe luncile râurilorşi în câmpiile joase. Dacă franjul capilar al pânzei freatice ajunge în zona superioară a stratului radicular de sol, acesta poate produce exces de umiditate cu atât mai intens cu cât ajunge mai aproape de suprafaţa terenului. Adâncimea de la care apa freatică poate produce exces de umiditate în sol se poate identifica cu adâncimea critică, aceea de la care nu se pot forma depuneri de săruri în sol sau debitul capilar nu depăşeşte 1 mm/zi.

După Kovda, pentru climatul continental şi soluri argiloase, adâncimea critică este:

$$H_{cr} = 170 + 8T \pm 15 \quad \text{(cm)}$$

în care: T – temperatura medie anuală, $^0$C.

La o adâncime oarecare H mai mică decât $H_{cr}$, debitul rezultat din pânza freatică va fi:

$$q = q_0(1 - \frac{H}{H_{cr}})^n$$

în care: $q_0$ – intensitatea evapotranspiraţiei la suprafaţa solului saturat, adică la suprafaţa liberă a apei;

n – coeficient cu valoarea 1-3, de obicei 2.

Legea Jurin-Borelli precizează că înălţimea ascensiunii în capilare rotunde este dată de relaţia:

$$h = \frac{4\gamma}{\delta g} x \frac{1}{d}$$

în care: $\gamma$ – tensiunea superficială a apei;

$\delta$ – densitatea apei;

g – acceleraţia gravitaţională;

d – diametrul mediu al porilor, cm.

În condiţiile ţării noastre, adâncimea apei freatice de 1-3 m poate produce fenomene de exces de umiditate pe terenurile respective. La adâncimi mai mari, 3-5 m, nivelul freatic nu asigură alimentarea cu apă decât a bazei orizontului activ de sol.

**Infiltraţiile prin dig şi pe sub dig**

La ape mari, nivelurile ridicate din cursurile de apă îndiguite creează un potenţial de infiltrare atât prin fundaţie cât şi prin corpul digului.

Dacă curba de infiltraţie a apei prin dig ajunge pe taluzul interior, sau la o anumită distanţă pe piciorul acestuia, se produc scurgeri de apă prin corpul digului. Evolutiv, apare la început o zonă umezită pe taluz, apoi un izvor limpede care cu timpul se tulbură, culminând cu perforarea digului. Desigur că, cu cât se intervine mai rapid după depistarea infiltraţiei, cu atât prevenirea ruperii digului este mai sigură.

Fundaţia digului este formată deseori din materiale foarte permeabile (nisipuri şi pietrişuri) prin care apa din cursul îndiguit poate trece uşor spre terenul apărat. În acest caz, la o distanţă variabilă de piciorul taluzului interior poate apare un mic crater din care apa izbucneşte cu violenţă (grifon, izbuc). Prin antrenarea parţială a materialului solid din fundaţia digului se produc goluri care determină prăbuşirea digului.

Debitul rezultat din infiltraţie se poate calcula pe cele două direcţii de producere. Valoric, mărimea lui poate ajunge la 8-40 l/s x km.

**Excesul de apă provenit din irigaţii**

Transportul şi distribuţia apei în sistemele de irigaţie constitue operaţiuni în cursul cărora o parte din debit – mai mare sau mai mică – se pierde prin infiltraţie, prin secţiunea

canalelor sau prin nefolosirea debitelor livrate beneficiarilor. După datele ICITID Băneasa – Giurgiu, pierderile de apă prin infiltraţie din reţeaua de canale ajung la 6,9 $m^3/m^2$ de taluz/lună (Terasa Viziru) şi 7,6 $m^3/m^2$ de taluz/lună (Terasa de Nord a Brăilei). Mărimea acestor pierderi depinde de tipul de amenajare, starea de întreţinere şi modul de funcţionare al canalelor.

La canale necăptuşite, pierderile de apă ating valori de 0,6 $m^3/m^2$ zi; secţiunile de canale căptuşite cu dale mici de beton (50x50x5) rostuite cu mortar de ciment: 0,3 $m^3/m^2$zi – rostuite cu chituri de etanşare: 0,07 $m^3/m^2$; căptuşeli cu dale mari pe hidroizolaţie din ţesătură de fibră de sticlă bitunată: 0,035 $m^3/m^2$ x zi.

La un volum mediu de consum de cca.50.000 $m^3$/lună, pierderile de apă ajung la cca. 15-40%.

Pierderile de apă se produc şi cu ocazia aplicării udărilor în câmp, mărimea lor depinzând de metoda de udare folosită, până la 25% din apa distribuită la plante, în cazul aspersiunii şi până la 35-40% din volumul transportat de reţeaua provizorie în cazul udării pe brazde.

Pierderile de apă din irigaţii se infiltrează în sol provocând ridicarea nivelului freatic în cazul pânzelor situate la adâncimi relativ mici (3-5 m) sau produc pânze freatice sezoniere dacă curentul de infiltraţie întâlneşte un strat de pământ mai puţin permeabil. În ambele situaţii, efectul constă în manifestarea apei freatice ca sursă a excesului de umiditate.

**Inundaţiile.** Revărsarea cursurilor de apă se datorează formării unor unde de viituri care depăşesc capacitatea de transport a albiilor, chiar îndiguite. Într-un ansamblu de condiţii favorabile producerii undelor maxime de viitură: ploi puternice, eventual suprapuse cu topirea zăpezilor sau care cad pe terenuri deja umede, defrişări de versanţi, obturări de albii etc., viiturile înregistrează niveluri care depăşesc limitele obişnuite, inundând terenurile limitrofe, afectând deseori nu numai activităţile agricole.

După trecerea culminaţiei, apele de pe teren se scurg spre elementele reţelei hidrografice. Rămând însă acumulări în zonele depresionare ca şi saturarea solului care ajunge la capacitatea de saturaţie.

Inundaţiile excepţionale din 1970 şi 1975 care au afectat în special vestul ţării au distrus în această parte a ţării peste 11.000 ha teren agricol care a fost acoperit cu pietriş, nisip şi mâl.

Caracteristicile hidrologice normale ale acumulărilor de apă din zona de Vest a ţării au fost mult depăşite, aşa cum se exemplifică în tabelul nr.5.1.

Se observă că debitul maxim faţă de valoarea debitului mediu este de cca. 38 ori mai mare pe râul Crasna şi de cca. 14 ori mai mare pe Mureş, depăşindu-se asigurările de calcul la care au fost dimensionate digurile.

Tabelul nr.5.1.

Date morfometrice şi hidrologice ale unor râuri din vestul României în luna mai 1970

| Curs de apă<br>Post hidrometric | L<br>km | F<br>$Km^2$ | $Q_{med}$<br>$m^3/s$ | $Q_{max}$<br>mai 1970<br>$m^3/s$ | Volumul viituri<br>mai 1970<br>$m^3/s \times 10^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **Someş**<br>Satu Mare | 335 | 15.000 | 114.00 | 3600 | 1.020.000 |
| **Crasna**<br>Moftinu Mic | 102 | 1.712 | 5.23 | 200 | 30.200 |
| **Crişul negru**<br>Talpeş | 130 | 3.793 | 29.20 | 820 | 35.000 |
| M**mureş**<br>Arad | 650 | 27.056 | 154.00 | 2150 | 251.200 |

**Alte surse de exces de umiditate**

În funcţie de caracteristicile zonei pot apare şi alte surse de exces de umiditate cum ar fi: amenajările piscicole, amenajările orizicole etc.

În cazul amenajărilor piscicole debitul care trebuie evacuat prin reţeaua de desecare depinde de tipul amenajării şi faza de dezvoltare a peştilor. Astfel, în cazul bazinelor pentru reproducerea peştilor fitofagi rezultă un debit de întreţinere de 3-7 l/s ha, iar în cazul crescătoriilor salmonicole (în ape reci, pentru păstrăvi) consumul tehnologic şi de exploatare este de: 1,0 – 1,5 $m^3$/s ha.

În cazul orezăriilor, debitul evacuat depinde de faza de vegetaţie şi hidrogeologia zonei, ştiut fiind că debitul de primenire ajunge la 1 – 2 l/s ha, la care se adaugă apa colectată de canalul de centură.

### 5.1.2. Factori favorizanţi ai excesului de umiditate

Manifestarea excesului de umiditate este influenţată de o serie de factori, dintre care cei mai importanţi sunt: geomorfologia, hidrografia şi hidrologia, solul.

**Geomorfologia.** Aşa cum s-a arătat, o parte din apa provenită din ploi se scurge la suprafaţa terenului spre zonele depresionare. Dacă terenul are o pantă redusă (< 1 – 2 %, deseori 0,3 – 0,5%) şi un microrelief neuniform, apa se scurge la surafaţa terenului cu multă dificultate, stagnând în zonele depresionare. Aceasta conferă terenului caracterul de drenaj extern defectuos. Prin drenaj extern se înţelege proprietatea solului de a permite îndepărtarea de pe suprafaţa sa, prin scurgere, a apei provenită din precipitaţii sau alte surse. Dintre terenurile cu drenaj extern defectuos menţionăm zonele de luncă şi câmpii joase, terasele şi contactul acestora cu luncile etc.. Deasemenea, crovurile răspândite neuniform în zonele de câmpie favorizează manifestarea excesului prin acumularea apei, producând evoluţia solului şi subsolului în direcţia reducerii capacităţii naturale de producţie.

**Hidrografia şi hidrologia**. Densitatea reţelei hidrografice şi regimul de scurgere pe elementele sale influenţează direct producerea excesului de umiditate prin producerea inundaţiilor, sau a infiltraţiilor pe sub dig mai ales dar şi indirect, prin influenţarea regimului hidrogeologic în zonele limitrofe.

Faţă de densitatea medie a reţelei hidrografice (0,49 km/$km^2$) din România, zona de câmpie şi dealuri se caracterizează prin prezenţa mai redusă de cursuri de apă (sub 0,3 km/$km^2$) faţă de zona de munte (1 – 1,2 km/$km^2$).

O densitate mică a reţelei hidrografice înseamnă un grad redus de fragmentare a teritoriului, distanţe mari între emisari, favorizându-se producerea excesului de umiditate prin lipsa posibilităţilor de scurgere a apei de la suprafaţa terenului.

Prezenţa unor acumulări pe cursurile de apă modifică regimul hidrogeologic local în sensul că rolul drenant natural al cursului de apă respectiv este anulat. Dimpotrivă, acumularea constitue o sursă de alimentare a apelor subterane care pot produce exces de umiditate în zonele apropiate.

**Solul** influenţează producerea excesului de umiditate prin proprietăţile sale fizico-mecanice, chimice şi morfologice.

Caracterizarea solului în raport cu drenajul se face prin termenul drenaj intern care reflectă proprietatea solului de a permite, prin infiltrare, îndepărtarea cu o anumită viteză şi amploare, apa provenită din precipitaţii sau alte surse.

În drenaj trebuie diferenţiat drenajul solului faţă de drenajul terenului, prin drenajul solului înţelegându-se uşurinţa cu care solul transmite apa în direcţie orizontală frecvent pe adâncimea de 1,20 – 1,50 m care constitue profilul solului. Componentele drenajului solului sunt: infiltraţia, drenajul intern şi înmagazinarea apei peste capacitatea de câmp. Drenajul terenului cuprinde atât drenajul de suprafaţă cât şi drenajul subteran; în ambele cazuri debitul de scurgere lateral.

Natura dispersă a solului şi activitatea interfacială stau la originea unor fenomene ca: gomflarea, contractare, dispersie, agregare, adeziune, adsorbţie, schimb ionic etc., care influenţează producerea excesului de umiditate.

Toate cele trei faze de existenţă ale materiei sunt prezente în sol: faza solidă, reprezentată prin particulele de sol; faza lichidă, constând din apa solului care conţine dizolvate o serie de substanţe ceea ce face să putem vorbi de soluţia solului; faza gazoasă, constând din aerul din sol.

Raportul dintre volumul fazei solide şi al porilor determină intensitatea de compactare a solului care se poate aprecia după gradul de tasare al acestuia.

Gradul de tasare pune în evidenţă calităţile fizice, hidrofizice şi hidrodinamice ale solului şi determină aplicarea anumitor lucrări de îmbunătăţiri funciare.

În condiţiile ţării noastre, în general, solurile afectate de exces de umiditate sunt:

- soluri negre si brune argiloase compacte (vertisoluri) şi soluri argiloiluviale podzolice şi pseudogleizate cu orizont B închis: 90 – 150 zile;
- soluri argiloiluviale podzolice pseudogleizate: 60 – 90 zile;
- soluri brun roşcate şi brune: 30 – 60 zile;
- soluri cenuşii şi cernoziomuri levigate: 15 – 30 zile;
- cernoziomuri levigate în zona umedă: 15 – 30 zile.

### 5.1.3. Definirea stării de exces de umiditate a solului

Noţiunea de umiditate în exces are o sferă variabilă de cuprindere, în funcţie de concepţia abordată.

În sens hidroameliorativ, prin exces de umiditate se înţelege cantitatea de apă care depăşeşte capacitatea maximă (capilară) pentru apă a solului. Din punct de vedere fizic, această umiditate corespunde unei forţe de reţinere a apei mai mari de 0,06 at (pF = 1,78).

În sens agronomic, excesul de umiditate este definit ca umiditatea superioară capacităţii de câmp pentru apă, care corespunde unei presiuni de reţinere a apei de 0,33 at (pF = 2,52).

În domeniul de manifestare a umidităţii excesive a solului se disting următoarele valori caracteristice:

- capacitatea de câmp pentru apă – pF = 2,52;
- capacitatea capilară pentru apă – p F = 1,78;
- încetarea interacţiunii dintre faza solidă şi lichidă a solului – pF = 1,00;
- starea de băltire – pF = 0,00.

Prin drenaj se urmăreşte eliminarea din stratul activ de sol a umidităţii care depăşeşte capacitatea de câmp pentru apă.

Din punct de vedere ecologic, excesul de umiditate al terenurilor este o stare de dezechilibru a subsistemului „relief emers”, cu sau fără înveliş de sol, determinat de creşterea componentului hidric peste cerinţele funcţionării normale, în biostazie, a geosistemului terestru.

Starea de dezechilibru, de tip proces-răspuns, afectează relaţiile de schimb masă-energie dintre componentele sistemului, excedentul hidric controlând procesele din sol.

La scara timpului geologic, excesul de umiditate caracterizează tendinţa de trecere de la geosisteme subacvatice la geosisteme terestre prin succesiune verigilor: bazin de sedimentare → lac → mlaştină → relief emers → relief emers cu înveliş de sol. Procesul se poate desfăşura şi invers.

### 5.1.4. Efectele excesului de apă asupra solului, plantelor şi tehnologiilor de cultură

Excesul de umiditate poate fi considerat atât ca un factor poluant al solului cât şi ca un factor limitativ al producţiei agricole prin efectele complexe pe care le generează şi care se amplifică dacă se ia în consideraţie complexul de sol – apă – plantă.

**Efectul excesului de umiditate asupra plantelor**

Creşterea şi dezvoltarea normală a plantelor este determinată şi de raportul dintre volumul de apă şi volumul de aer din sol. În mod obişnuit cca. 50% din porozitatea solului este ocupată cu aer şi 50% cu apă, ceea ce asigură un metabolism normal pentru rădăcini. Pe măsură ce conţinutul de apă din sol creşte, volumul de aer scade ceea ce afectează activitatea rădăcinilor. De fapt, în condiţii de exces de umiditate plantele nu suferă din cauza apei în plus ci din cauza lipsei aerului din mediul în care trăiesc rădăcinile.

Se consideră că excesul de umiditate acţionează asupra plantelor după mecanismul din figura 5.1.

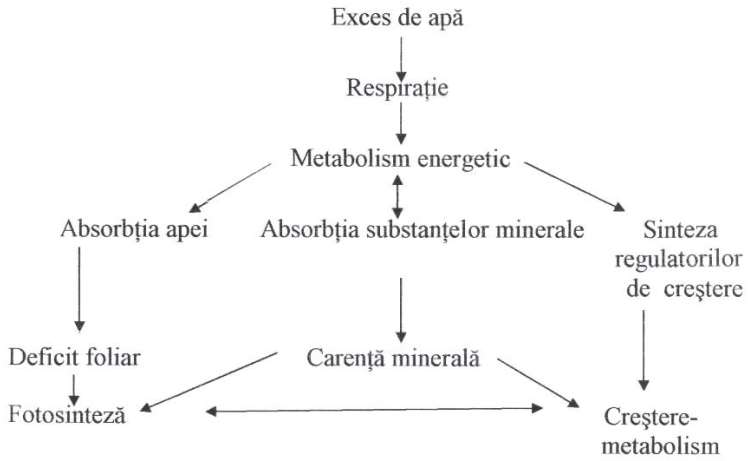



Fig. 5.1. Mecanismul acţiunii excesului de umiditate asupra plantelor

Sărurile din soluţia solului afectează plantele prin acţiunea specifică a ionilor toxici dar mai ales prin creşterea presiunii osmotice care determină reducerea capacităţii plantei de a absorbi apă din sol.

După toxicitate, sărurile se clasifică în următoarele grupe:

- uşor solubile şi toxice (NaCl, $NaSO_4$, $Na_2CO_3$, $MgCl_2$, $CaCl_2$, $MgSO_4$, $MgCO_3$);
- slab solubile, netoxice ($CaSO_4$, $Ca(HCO_3)_2$ );
- practic insolubile ($CaCO_3$, $MgCO_3$).

Pragul toxic al sărurilor din sol la o umiditate a acestuia de 60-70% din capacitatea de câmp pentru apă rezultă din datele de mai jos:

| Tipul de salinizare | Suma sărurilor toxice g/100 g sol |
|---|---|
| - sulfatic sau bicarbonat cloruric | 0,15 |
| - sulfatic sau sodo-cloruric sau cu: $Na HCO_3$ | 0,10 |
| 50% $Na HCO_3$ | 0,01 |
| - cloruro-sulfatic, cloruric | 0,05 |

Excesul de umiditate are şi un efect negativ morfologic asupra plantelor. Astfel, pe soluri cu apă în exces sistemul radicular creşte superficial şi este mai redus ca volum. Aceasta face ca în perioadele secetoase, când excesul de umiditate dispare, rădăcinile să nu mai poată procura apa care se află mai în profunzime.

În funcţie de durata şi momentul producerii excesului de umiditate se produce reducerea randamentului culturilor. Dacă excesul de umiditate se produce în perioada înfrăţirii cerealelor, rădăcinile principale şi coronare suntmai puţin dezvoltate ceea ce duce la micşorarea numărului de spice. Dacă excesul de umiditate se produce primăvara, în timpul formării spicului, se micşorează numărul de boabe în spic.

În general, efectele cele mai defavorabile se produc când excesul de umiditate se manifestă în stadiile de activitate maximă a plantelor (înflorit, legat etc.).

**Efectul excesului de umiditate asupra solului**

Excesul de umiditate face ca solurile să fie mai reci, necesitând o cantitate de căldură de câteva ori mai mare pentru a se încălzi comparativ cu solurile normale. Temperatura solurilor slab drenate este cu 4-8$^0$C mai mică decât a celor bine drenate.

Căldura specifică a unui cm$^3$ de sol uscat cu o porozitate de 50% este de 0,26 cal/ cm$^3$. dacă ½ din pori sunt ocupaţi de apă atunci căldura specifică este de 0,51 cal/ cm$^3$, iar dacă toţi porii sunt ocupaţi cu apă, căldura specifică este de 0,76 cal/ cm$^3$.

Temperatura mai coborâtă a acestor soluri face ca primăvara încălzirea lor să se facă mai greu, întârziind semănatul culturilor şi micşorând perioada de vegetaţie. În acelaşi timp, lucrările de întreţinere a culturilor se face cu întârziere şi sunt de calitate mai slabă.

Evacuarea aerului din porii solului de către apa în exces determină predominanţa proceselor de descompunere anaerobă care duc lamineralizarea incompletă a materiei organice, ceea ce împiedică refacerea fondului nutritiv al solului.

Fenomenele de reducere caracteristice solurilor cu exces de umiditate determină imobilizarea compuşilor solubili de azot şi fosfor în compuşi insolubili, deci inaccesibili pentru plante, iar nitraţii dispar prin reducerea lor la azot elementar.

Predominanţa proceselor de reducere determină procese de gleizare şi pseudogleizare. Gleizarea este însoţită de salinizare şi alcalizare dacă apa freatică este cel puţin moderat salinizată.

Prin salinizare, sărurile solubile se acumulează în orizonturile superioare formând solonceacurile (white alkali), al căror conţinut de natriu nu depăşeşte 12-15% din capacitatea de schimb cationic. Dacă conţinutul de natriu depăşeşte 12-15% din complexul adsorbativ al solului se formează soloneţuri (black alkali).

Concentraţia sărurilor solubile în soluţia solului pe solonceacuri are valori de 20-60 g/l, în cursul vegetaţiei atingând valori de până la 150-400 g/l.

Pe solurile nesalinizate, concentraţia soluţiei solului ajunge la 5-15 g/l, iar pe solurile irigate, până la 3-5 g/l.

Conţinutul ridicat în săruri determină înrăutăţirea proprietăţilor fizice ale solului din cauza sodiului care produce dispersarea coloizilor. Ca urmare, solul devine mai compact. Prin înlocuirea cationilor de calciu din complexul adsorbativ cu sodiu şi soluţionarea humusului sub acţiunea carbonaţilor de sodiu, reacţia solului devine bazică, înrăutăţind condiţiile de creştere ale plantelor.

**Efectele excesului de umiditate asupra tehnologiilor de cultură**

În condiţiile solurilor cu exces de umiditate, tehnologiile agricole suferă abateri importante. Astfel, numărul şi calitatea lucrărilor agricole este corelată direct cu starea de umiditate a solului. Un sol prea umed se ară cu greutate, după arătură rămân brazde lungi („curele") care atunci când se usucă trebuie mărunţite prin treceri repetate cu grapa cu discuri. Repetarea lucrărilor de mărunţire a solului determină distrugerea agregatelor de sol şi sporirea gradului de tasare a terenului.

Pregătirea unui pat germinativ de calitate slabă stânjeneşte răsărirea plantelor, iar unele plante pretenţioase la germinaţie nu se pot include în asolament.

Dacă excesul de umiditate se produce în timpul germinaţiei, cultura respectivă poate fi compromisă.

Lucrările de întreţinere nu se pot executa decât la o umiditate a solului sub capacitatea de câmp. Starea de exces de umiditate împiedică aplicarea lucrărilor de întreţinere, ceea ce duce la diminuarea recoltelor sau chiar la compromiterea lor totală.

Uneori sunt necesare modificări în asolamente. Dacă excesul de umiditate se produce toamna şi împiedică semănatul cerealelor de toamnă (în special grâu), ceea ce impune renunţarea la această categorie de culturi în favoarea cerealelor de primăvară sau a altor culturi.

Excesul de umiditate favorizează apariţia şi extinderea unor boli şi dăunători care necesită tratamente fitosanitare mai numeroase şi face să crească şi cheltuielile de producţie.

### 5.1.5. Efectul eliminării excesului de apă de pe terenurile agricole

Prin drenaj se înlătură excesul de apă şi efectele lui nefaste, şi astfel se îmbunătăţeşte potenţialul de fertilitate al solului, constituind punctul de plecare pentru optimizarea activităţii de exploatare agricolă.

Efectele favorabile ale drenajului se manifestă prin îmbunătăţirea aerisirii solului care atrage după sine:

- îmbunătăţirea regimului termic, solurile putând fi lucrate primăvara mai devreme, calitatea lucrărilor solului fiind mai bună;
- intensificarea proceselor aerobe care duc la mineralizarea completă a materiei organice din sol şi la refacerea potenţialului de fertilitate al acestuia;
- predominanţa proceselor de oxidare care permit formarea în sol a compuşilor asimilabili de către plante.

Proprietăţile fizice şi hidrofizice ale solului se modifică favorabil. Astfel se constată creşterea porozităţii, îmbunătăţirea structurii şi a permeabilităţii. Ca urmare, creşte capacitatea solului de a înmagazina apa în vederea satisfacerii necesităţilor plantelor în perioadele secetoase.

Prin îmbunătăţirea proprietăţilor solului este influenţată favorabil şi creşterea plantelor. Acestea îşi pot pot dezvolta un sistem radicular normal care să exploateze un volum mai mare de sol, acoperind mai uşor nacesarul de apă şi hrană al plantelor.

Eliminarea excesului de apă duce şi la dispariţia unor buruieni specifice (coada calului, roua cerului, rogoz, papură, trestie, pipirig etc.). În acelaş timp se previn unele boli şi dăunători.

Efectuarea la timp a lucrărilor agricole permite folosirea unor soiuri de plante mai tardive, deci cu productivitate mai mare.

Asocierea drenajului cu o agrotehnică specifică, ameliorativă, accentuează modificările favorabile menţionate, având ca efect creşterea producţiei, (amendare, fertilizare, arătură adâncă).

Sporurile mari de producţie care se pot obţine în urma lucrărilor de eliminare a excesului de umiditate fac ca investiţia cerută de amenajare să se recupereze într-un interval scurt de timp (5-7 ani).

### 5.1.6. Zonarea teritoriului agricol în funcţie de excesul de apă şi săruri din sol

În funcţie de sursele de exces de umiditate şi factorii favorizanţi s-a întocmit zonarea teritoriului agricol al ţării:

**Grupa I-a** – Terenuri cu exces de umiditate temporar cu caracter stagnant, datorat precipitaţiilor

Cauza excesului de umiditate o constitue precipitaţiile. Manifestarea excesului este favorizată de existenţa unui relief plan sau slab ondulat, cu pante mici (sub (1-2%),

acoperit de soluri argiloase, slab permeabile (k < 0,1 m/zi), cu apa freatică la adâncimi mai mari de 3-5 m.

Prevenirea şi combaterea excesului de umiditate se poate realiza prin lucrări secundare de desecare: nivelare, modelare (benzi cu coame, rigole largi însămânţate), afânare adâncă şi drenaj cârtiţă.

**Grupa a II-a** – Terenuri cu exces de umiditate periodic cauzat în principal de apa freatică

Excesul de umiditate se datorează apei freatice situată la adâncimi mici: 1-3 m, în toate zonele climatice. Favorizarea excesului se datorează pantelor mici ale terenului (sub 0,5%), din lunci şi câmpii de divagare.

Dacă apa freatică este mineralizată în proporţii diferite (mică-medie) nu apar decât rareori fenomene de sărăturare. Deseori însă se formează soluri freatic umede.

Prevenirea ridicării nivelului freatic sau menţinerea lui sub adâncimea critică se face prin lucrări de drenaj subteran. În condiţiile de salinizare sunt necesare udări de spălare.

**Grupa a III-a** – Terenuri cu exces de umiditate cu durată prelungită cauzat de apa freatică (în principal)

Cauza excesului de umiditate o constitue apa freatică cantonată la adâncimi mai mici de 1-1,5 m, având diferite grade de mineralizare. Manifestarea excesului este favorizată de existenţa unui relief plan sau depresionar, cu pante mici (0,5-1%).

Ameliorarea acestor terenuri necesită drenaj subteran, iar acolo unde e cazul şi udări de spălare.

**Grupa a IV-a** – Terenuri sărăturate cu exces de umiditate cu durată prelungită cauzat de apa freatică puternic mineralizată

Apa freatică puternic mineralizată situată la adâncimi de 1-3 m, produce starea de exces de umiditate, favorizată fiind şi de relieful plan sau uşor depresionar, cu pante mici (sub 0,5%). Deseori, la formarea stării de exces concură şi precipitaţiile care stagnează la suprafaţa terenului, drenajul extern al acestuia ca şi drenajul intern fiind nesatisfăcătoare.

Ameliorarea acestor terenuri impune aplicarea drenajului subteran, udări de spălare şi aplicarea amendamentelor pe solurile cu conţinut ridicat de $Na^+$ în complexul adsorbativ.

## 5.2. STUDII NECESARE PROIECTĂRII AMENAJĂRILOR DE DRENAJ

Elaborarea proiectelor de amenajare are la bază un volum mare de studii care să permită alegerea celor mai eficiente metode şi măsuri de combatere a excesului de apă. Proiectantul, trebuie să apeleze la următoarele categorii de studii:

- studii climatice;
- studii topografice;
- studii hidrogeologice;
- studii hidrologice;
- studii geotehnice;
- studii pedologice;
- studii hidraulice;
- studii agroeconomice;
- studiul resurselor locale de materiale de construcţie;
- alte studii.

### 5.2.1. Studiile climatice

Datele climatice servesc la întocmirea studiilor hidrologice, la caracterizarea generală a zonei, la aprecierea posibilităţilor de dezvoltare a culturilor agricole.

Studiile climatice trebuie să prezinte principalele valori meteorologice şi agrometeorologice pe o perioadă de minim 30 ani consecutivşi se vor referi la următoarele elemente:

- temperatura aerului: valori maxime, medii şi minime, lunare şi anuale; valori extreme ale temperaturii; dataprimului şi ultimului îngheţ;
- temperatura solului: valori medii lunare pe adâncimi sussesive de 5, 10, 15, 20 cm; numărul mediu de zile cu sol îngheţat; adâncimea de îngheţ;
- precipitaţii atmosferice: cantitatea medie lunară şi anuală, cantităţi lunare minimeşi maxime; cantitatea maximă în 24, 72 şi 120 ore; intensitatea şi durata ploilor torenţiale etc.;
- evapotranspiraţia potenţială: valori medii lunare multianuale etc.

Aceste elemente climatice trebuie prelucrate pentru evidenţierea caracterului zonei. Astfel, trebuie comparate precipitaţiile medii lunare cu valorile evapotranspiraţiei pentru a staili tipul de climat. Aprecierea mărimii excesului sau deficitului de umiditate lunar şi anual are la bază precipitaţiile şi consumul de apă care intră ca elemente distincte în ecuaţiile de bilanţ al apei în sol.

O clasificare climatică completă a fost elaborată de I.C.P.A. pe baza cunoaşterii următorilor indici:

- bilanţul hidroclimatic ($B_h$);

$$Bh = P - ETP$$

- indice hidroclimatic ($I_h$):

$$I_h = \frac{P}{ETP} X100 \quad (\%)$$

- indice de ariditate (De Martonne) ($I_a$):

$$I_a = \frac{P}{T + 10}$$

în care:

P – precipitaţii medii multianuale, mm;

ETP – evapotranspiraţia medie multianuală, mm;

T – temperatura aerului medie multianuală, $^0$C.

După această clasificare, climatul este excedentar dacă:

$B_h \geq -49$ .....50;

$I_h \geq 91$.....105;

$I_a \geq 28$.....38;

### 5.2.2. Studiile topografice

Constau în hărţi şi planuri care redau forma, dimensiunile şi alte detalii planimetrice şi nivelitice pentru suprafaţa propusă amenajării. De obicei, acestea constau în:

- planul de ansamblu cu reţeaua hidrografică, căi de comunicaţie, lucrări de îmbunătăţiri funciare existente, linii electrice şi telefonice, reţele de conducte, delimitarea folosinţelor, a proprietăţilor etc.;
- planul bazinelor hidrografice ale cursurilor de apă din zona respectivă;
- planul de situaţie cu propunerile de lucrări etc.;

Principalele elemente care alcătuiesc studiile topografice şi caracteristicile lor se prezintă în tabelul nr.5.2.

Tabelul nr.5.2.

Elemente caracteristice studiilor topografice pentru proiectarea lucrărilor de drenaj

| Nr. crt. | Denumirea planului | Scara | Echidistanţa |
|---|---|---|---|
| 1. | Plan de ansamblu | 1:50000<br>1:25000 | 1.00 |
| 2. | Plan de situaţie a suprafeţei amenajate | 1:5000<br>1:10000 | 0.25<br>0.25 – 0.50 |
| 3. | Plan de situaţie pentru drenaj subteran | 1:2000<br>1:5000 | 0.25 |
| 4. | Planuri bandă pentru canale colectoare mari | 1:2000<br>1:5000 | 0.25 |
| 5. | Planuri de detaliu pentru construcţii hidrotehnice | 1:500 | 0.25 |
| 6. | Profile longitudinale: - pentru lungimi: scara planului<br>- pentru înălţimi: 1:100 | | |
| 7. | Profile transversale | 1:100 | |

Amploarea studiilor topografice necesare depinde de mărimea şi complexitatea zonei propusă pentru amenajare.

### 5.2.3. Studiile hidrologice şi hidraulice

Studiile hidrologice trebuie să prezinte elementele regimului de scurgere al apelor atât pe versanţii limitrofi amenajării precum şi pentru suprafaţa interesată în lucrări.

Pentru scurgerea de pe versanţi trebuie să se precizeze: debitele lichide ($m^3$/s x km) şi solide (t/s km), volume de apă scurse în timpul ploilor maxime ($m^3$), hidrograful viiturilor.

Pentru terenul de amenajat trebuie să se precizeze: suprafeţe maxime inundate prin stagnarea apelor şi hidromodulul de scurgere.

Regimul de scurgere al apelor din emisarii naturali trebuie să fie caracterizat prin profile topohidrografice cu indicarea evoluţiei albiei minore şi majore, regimul debitelor, chei limnimetrice.

### 5.2.4. Studiile hidrogeologice

Studiile privind hidrogeologia zonei supusă amenajării trebuie să răspundă următoarelor probleme:

- suprafeţele care sunt afectate de condiţii freatice defavorabile şi cauzele care au determinat aceasta;
- delimitarea suprafeţelor cu condiţii pedologice defavorabile (salinitate) şi relaţiile acestora cu apa freatică;
- caracteristicile principale ale reliefului şi dispunerea suprafeţelor cu exces de umiditate;
- prognoza efectului lucrărilor de drenaj asupra productivităţii solului.

Rezolvarea acestor probleme necesită analiza circulaţiei şi înmagazinării apei freatice precum şi stabilirea componentelor încărcării şi descărcării acesteia. Datele de bază folosite în acest scop sunt: debitul freatic, sursa apelor freatice, regimul nivelurilor, mineralizarea şi chimismul apelor freatice.

Elaborarea studiilor hidrogeologice, presupune parcurgerea mai multor faze. În prima fază, pregătitoare, se procură baza topografică necesară care constă în hărţi (planuri) la scările: 1:10000, 1:20000, 1:50000 care trebuie să cuprindă conturul teritoriului studiat,

formele de relief, caracteristicile geologice etc.. În această fază se face şi o analiză a elementelor hidrologice, deoarece apele de suprafaţă sunt într-o strânsă legătură cu cele subterane.

În cea de a doua fază se face studiul nivelurilor apei freatice cu scopul de a evidenţia efectul apei freatice asupra producerii excesului de umiditate. Pentru aceasta se organizează observaţii asupra adâncimii apei freatice folosind fântânile existente în localităţi, foraje de studiu şi piezometre.

Cu ocazia efectuării forajelor de studiu se pun în evidenţă şi categoriile de materiale pământoase întâlnite pe profil. Acestea se clasifică în raport cu proprietăţile privind transmiterea apei în:

- straturi permeabile,
- straturi semipermeabile,
- straturi impermeabile

Studiul hidrogeologic este incomplet dacă nu se iau în consideraţie şi apele de suprafaţă ale căror niveluri reprezintă înălţimi sau depresiuni ale pânzelor freatice, cursurile de apă în regim natural având de obicei rol drenant (efluent). În regim barat, cursurile de apă pot avea regim influent care constă în alimentarea apei freatice sau dacă aceasta lipseşte, în formarea unor ape freatice.

Rezultatele studiilor de teren se concretizează în fişe cu caracteristicile forajelor, în cartograme sau planuri (hărţi) de situaţie cu izobare etc..

Folosirea studiilor hidrogeologice în drenaj necesită cunoaşterea distribuţiei umidităţii solului de profil, suprafaţa apei freatice reprezintă locul punctelor apei freatice unde presiunea acesteia este egală cu presiune atmosferică.

O importanţă specială o are zona în care apa capilară ocupă aproape toţi porii solului formând franjul capilar care este inclus deseori în masa apei freatice şi care are o grosime variabilă în funcţie de variaţia nivelului freatic.

Drenajul trebuie să împiedice ca nivelul freatic (inclusiv franjul capilar) să ajungă în stratul activ de sol unde produce starea de exces de apă.

### 5.2.5. Studiile pedologice

Datele pe care le furnizează studiile pedologice constitue documentarea de bază pentru stabilirea măsurilor de protecţie, ameliorare şi folosirea raţională a solurilor în scopul sporirii producţiei agricole.

Termenul „sol" este deseori folosit liber, având o sferă de cuprindere diferită. Astfel, în ingineria civilă prin sol se înţelege pământ consolidat diferit de roca solidă. În fizica solului, solul este considerat un mediu poros, pretabil să fie tratat matematic, iar chimia solului îl tratează ca pe o pulbere diferit colorată, cu granule fine sau grosiere cu limita superioară de 2 mm, având proprietăţi chimice şi fizice complicate.

Pedologul priveşte solul ca pe un corp natural rezultat al proceselor biochimice din material parental cu straturi sau orizonturi pedogenetic variate apărute natural în care există ca atare. Pentru agronomi, solul este mediul pentru creşterea plantelor, fiind interesaţi mai ales de stratul superficial de sol.

Specialistul în drenaj trebuie să privească solul într-o concepţie largă care să includă toate punctele de vedere ale celorlalţi specialişti, şi care să fie bazată în primul rând pe cunoaşterea proprietăţilor solului care afectează mişcarea apei în şi prin sol.

Studiile pedologice trebuie să precizeze:

- identificarea, cartarea şi caracterizarea solurilor;
- prognoza evoluţiei solurilor; indicarea modului de folosirea optimă a terenurilor;
- bonitarea terenurilor şi stabilirea favorabilităţii pentru diverse culturi etc..

În funcţie de scopul pentru care se întocmesc, studiile pedologice pot fi complexe sau speciale pentru diferite utilizări practice. În lucrările de drenaj se folosesc de obicei studii elaborate la scară mare (1:25000 – 1:5000 care pot evidenţia diferenţele calitative dintre terenuri sub aspectul ondiţiilor naturale, caracteristicilor agroproductive şi a modului de ameliorare.

În cadrul acestor studii se pot diferenţia următoarele tipuri de profile:

- *profil pedologic,* care se subîmparte în straturi aproximativ paralele cu suprafaţa terenului şi care se diferenţiază între ele prin anumite proprietăţi morfologice (culoare, neoformaţii, etc.), fizice sau fizico-mecanice (textură, structură, porozitate, consistenţă, greutate specifică sau densitate, greutate volumetrică sau densitatea aparentă, aderenţa), chimice (capacitatea de adsorbţie, reacţia, capacitatea de tamponare, etc.), hidrofizice şi hidrodinamice, etc.
- *profil agronomic*, prezintă o secţiune prin sol pe adâncimea stratului activ de sol, care la culturile de câmp ajunge până la 1,0 – 2,1 m. De obicei se disting două straturi: stratul arat, corespunzător orizontului A şi subsolul. Trebuie precizată diferenţa dintre noţiunea de „subsol", precizată aici şi aceea folosită în drenaj. Prin subsol în drenaj, se înţelege stratul de material pământos situat sub planul drenurilor. Pentru agronomi interesează mai ales stratul arat pentru care trebuie să se cunoască: lucrabilitatea, stabilitatea structurii şi mai ales fertilitatea, iar pentru drenaj interesează mai ales viteza de infiltraţie a apei.
- *profil hidrologic,* cuprinde profilul agronomic precum şi celelalte straturi de materiale pământoase până la stratul impermeabil. De obicei se prezintă împreună cu profilul geotehnic care evidenţiază caracteristicile geotehnice ale stratelor.

În scop hidroameliorativ, studiul pedologic trebuie să pună în evidenţă relaţiile dintre caracteristicile de bază ale solului, proprietăţile lui fizice şi calităţile agronomice.

**Caracteristici pedologice specifice în drenaj**

Dintre cele trei grupe de factori menţionaţi anterior, în lucrările de drenaj se valorifică cea mai mare parte a elementelor componente, dar cu precădere este necesară cunoaşterea detaliată a texturii, a permeabilităţii şi a reţinerii apei în sol, a porozităţii, densităţii şi densităţii aparente.

Textura este însuşirea fizică a solului de a avea partea solidă minerală alcătuită din particule de diferite dimensiuni. Materialele cu diametrul mai mare de 2 mm alcătuiesc elementele grosiere: 2-20 mm formează pietrişul, 20-200 mm – pietrele, > 200 mm bolovani.

Permeabilitatea solului reflectă proprietăţile acestuia privind transmiterea apei. Definirea permeabilităţii necesită următoarele precizări:

- viteza de infiltraţie caracterizează stratul superficial de sol şi determină raportul dintre adsorbţie şi scurgere;
- norma (viteza) de percolare, caracterizează drenajul intern al subsolului agronomic;
- conductivitatea hidraulică, care are o importanţă deosebită pentru scurgerea subterană.

Reţinerea apei în sol. Capacitatea solului de a reţine apa necesară creşterii plantelor este un factor important în agricultură, interesând mai ales umiditatea accesibilă. Aceasta este curinsă între coeficientul de ofilire şi capacitatea de câmp pentru apă, fiind o caracteristică hidrofizică pentru fiecare strat de sol. Depăşirea umidităţii accesibile creează starea de exces de umiditate şi de aceea trebuie cunoscute valorile indicilor hidrofizici menţionaţi mai sus.

La aceaştia se adaugă:

- capacitatea totală de apă (CCT) corespunzătoare situaţiei când toţi porii solului sunt plini cu apă;

- capacitatea de câmp pentru apă (CC, %);
- capacitatea totală (CT, %) pentru apă a solurilor;
- porozitatea totală, PT, % ;
- porozitatea de aeraţie; PA, % ;
- densitatea aparentă (greutatea volumetrică), DA , g/cm$^3$;
- densitatea (greutatea specifică) , D, g/cm$^3$

### 5.2.6. Studiile geotehnice

Caracterizarea pământurilor sub aspect geotehnic se face pe baza forajelor de studiu şi se concretizează în fişe, profile, curbe granulometrice, cartare geotehnică etc. Datele furnizate de aceste studii, servesc la dimensionarea construcţiilor din pământ, la stabilirea condiţiilor de execuţie a lucrărilor hidrotehnice. Indicii geotehnici care se folosesc mai mult în drenaj: granulometria, greutatea specifică, porozitatea efectivă, conductivitatea hidraulică, compactitatea, compresibilitatea, plasticitatea, rezistenţa la forfecare, etc. pot caracteriza pământurile din punct de vedere geotehnic. Pentru pământurile instabile vor fi necesare recomandări privind execuţia lucrărilor de construcţii hidrotehnice.

### 5.2.7. Studiile agro-economice

Caracterizarea economico-socială a zonei face posibilă aprecierea celor mai eficiente metode de valorificare mai bună a terenului agricol. În acest scop sunt necesare următoarele elemente:

- încadrarea economico-administrativă a zonei;
- proprietarii de terenuri şi categoriile de folosinţă actuale;
- restructurarea categoriilor de folosinţă în perspectivă, prin trecerea la categorii mai intensive;
- structura actuală a culturilor şi producţii obţinute;
- pagube produse de excesul de umiditate pe cel puţin ultimii 10 ani;
- planul de cultură de persectivă şi producţii în perspectivă;
- balanţa şi dinamica, pe categorii de folosinţă, a terenurilor, în situaţia actuală şi în perspectivă.

### 5.2.8. Studiul resurselor locale de materiale de construcţie

Prin documentarea impusă de elaborarea celorlalte categorii de studii rezultă metodele de amenajare a terenului şi deci tipurile de materiale de construcţie ce se vor utiliza. Pentru reducerea costului lucrărilor e necesar să se prevadă utilizarea în cât mai mare măsură a materialelor locale de construcţie. De aceea, organul de studii trebuie să se precizeze tipurile de materiale ce se pot procura din zonă (fascine, bolovani de râu, pietriş, argilă, nisip, etc.), cantităţile şi calitatea, condiţiile de exploatare, posibilităţile şi distanţa de transport.

### 5.2.9. Alte studii

În funcţie de amploarea lucrărilor de amenajare şi caracteristicile de ansamblu ale zonei, pentru a aprecia măsura în care lucrările de drenaj vor influenţa cadrul natural sau obiectivele social-economice învecinate se pot solicita o serie de studii speciale:

- studii experimentale, în câmpuri pilot care să precizeze efectul drenajului asupra terenului agricol şi a culturilor, elementele tehnice şi funcţionale ale unor lucrări etc. Rezultatele servesc la proiectare amenajărilor în întreaga zonă.

- studii ecologice (biologice), pentru zonele care constitue biocenoze şi biotopuri diferenţiate, cu caracter de raritate (mlaştini, lunci, delta). Aceste studii trebuie să precizeze metodele de amenajare pentru a menţine echilibrul ecologic, în vederea păstrării cât mai puţin alterate a naturii.

## 5.3. PROIECTAREA LUCRĂRILOR PRINCIPALE DE DRENAJ

Proiectarea lucrărilor de combatere a excesului de umiditate, trebuie să aibe în vedere schemele cadru de amenajare a bazinului hidrografic respectiv, astfel încât să se realizeze o armonizare a amenajării în cadrul mediului ambiant precum şi cu celelalte lucrări din zonă. În acest fel se va realiza echilibrul ecologic precum şi menţinerea funcţionalităţii normale a tuturor obiectivelor social-economice înconjurătoare.

În primul rând se va avea în vedere corelarea lucrărilor de drenaj cu celelalte lucrări de îmbunătăţiri funciare din zonă: reţelele existente de drenaj sau de irigaţii, amenajări de perspectivă, etc.

În vederea colectării şi evacuării excesului de umiditate se utilizează două categorii de lucrări, diferenţiate prin gradul de complexitate tehnică: lucrări principale, caracterizate printr-o tehnicitate şi investiţie ridicfată şi lucrări secundare, aplicate între ultimile elemente permanente principale, mai simple şi cu costuri specifice reduse.

Proiectarea lucrărilor trebuie făcută în mai multe variante, apreciind varianta optimă printr-o analiză comparativă tehnico-economică.

Stabilirea categoriilor de lucrări de drenaj are la bază următoarele elemente:

- cauza (sursa) şi mărimea excesului de umiditate;
- condiţiile naturale caracteristice suprafeţei;
- folosinţa terenului şi producţiile actuale;
- clasa de importanţă a teritoriului respective;
- materiale de construcţie locale existente în zonă;
- posibilitatea utilizării la irigaţii a apei din reţeaua de drenaj;
- costuri şi consumuri de materiale şi de energie (înglobate în lucrări şi cele de exploatare).

De obicei suprafaţa amenajată pentru drenaj cuprinde şi alte categorii de terenuri, motiv pentru care trebuie să se diferenţieze următoarele categorii de suprafeţe:

- suprafaţa netă, aceea folosită în scop agricol direct, pentru cultura plantelor;
- suprafaţa brută, care cuprinde suprafaţa netă precum şi suprafaţa ocupată de lucrările de drenaj şi scoasă definitiv din circuitul agricol;
- suprafaţa totală, rezultată prin măsurarea pe contur (perimetru) a zonei, incluzând pe lângă suprafaţa brută şi alte folosinţe (localităţi, păduri etc.).

În acest sens, gradul de utilizare a terenului se poate aprecia prin următorii coeficienţi:

- coeficientul de utilizare al suprafeţei brute ($K_{u\ sb}$):

$$K_{u\ sb} = \frac{S_n}{S_b} x100 \quad (\%)$$

- coeficientul de utilizare al suprafeţei totale ($K_{u\ st}$):

$$K_{u\ st} = \frac{S_b}{S_t} x100 \quad (\%)$$

Valoarea acestor coeficienţi trebuie să fie cât mai mare.

În cadrul lucrărilor principale de drenaj se disting următoarele categorii de lucrări:

- drenaj de suprafaţă;
- drenaj orizontal subteran;
- drenaj vertical.

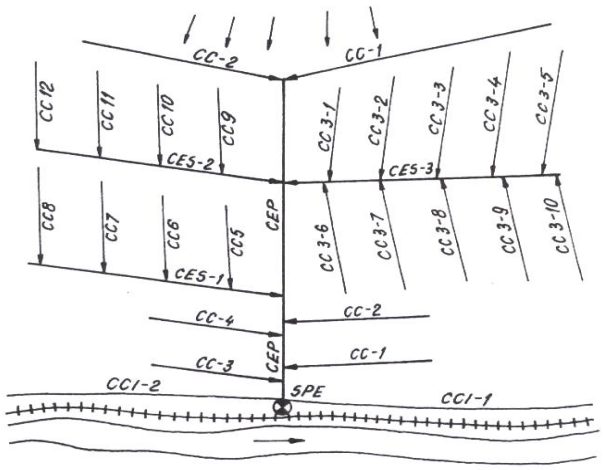
### 5.3.1. Drenajul de suprafaţă

Drenajul de suprafaţă reprezintă totalitatea lucrărilor hidroameliorative al căror scop este prevenirea şi combaterea excesului de umiditate produs la suprafaţa terenului şi în stratul superficial de sol.

Reţeaua de drenaj de suprafaţă este alcătuită din următoarele elemente:

- canale de colectare a apei (CC) în exces, care delimitează între ele suprefeţe de teren numite parcele;
- canale de intercepţie a apelor exterioare, de scurgere de pe terenurile înalte, limitrofe (canale de centură, CCC) sau de infiltraţie din cursurile de apă îndiguite (canale de infiltraţie, CCI);
- canale de evacuare, care primesc apa canalelor de colectare sau de intercepţie şi o conduc spre emisar (CE). Acestea se pot diferenţia în:
    - canale de evacuare secundare (CES);
    - canale de evacuare principale (CEP).

În figura 5.2. este redată schematic reţeaua de canale pentru drenaj de suprafaţă.




Numerotarea canalelor se face din aval în amonte, folosind sistemul normal sau sistemul zecimal.

Fig.5.2. Reţea sistematică de canale pentru drenaj de suprafaţă

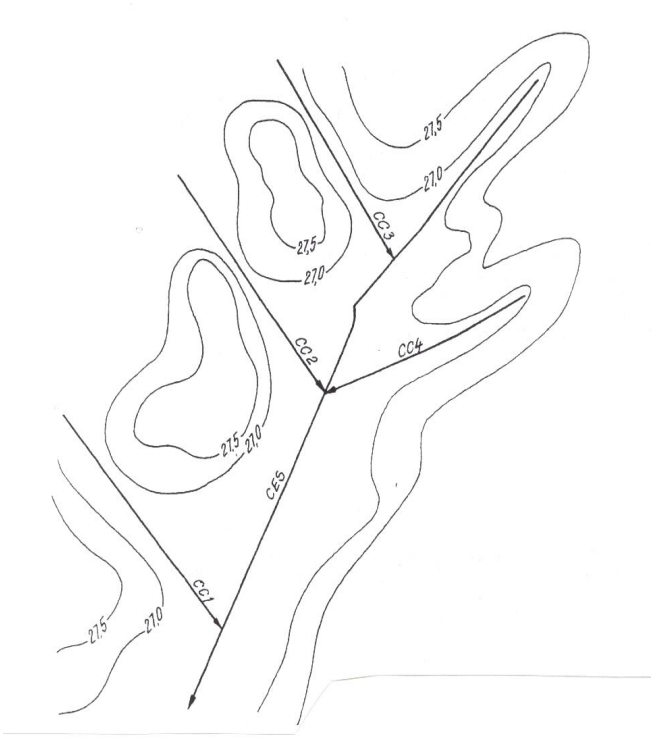
#### 5.3.1.1. Trasarea reţelei de canale

Canalele de drenaj de suprafaţă se trasează pe locurile cele mai joase ale suprafeţei de amenajat, unde apa are tendinţa de a se concentra în mod natural, respectând cerinţele de organizare a teritoriului, de mecanizare a lucrărilor agricole, de amenajare pentru irigaţii, combaterea eroziunii solului etc.

Canalele colectoare au rolul să intercepteze apa de la suprafaţa terenului, care stagnează sau prezintă o scurgere lentă. În acest scop, ele se trasează pe direcţia generală a curbelor de nivel (perpendicular pe direcţia pantei) asigurându-le o pantă de minim 0,5%.

Trasarea canalelor colectoare va ţine seama şi de următoarele principii:

- să traverseze, pe cât posibil, zonele depresionare ale reliefului, mai ales acelea cu dferanţe de nivel mai mari faţa de terenul din jur;
- dacă, respectând o anumită distanţă între canale, pe spaţiul dintre acestea există depresiuni, se va asigura descărcarea acestora în cel mai apropiat canal prin intermediul unor rigole (canale provizorii, vaduri) cu taluze dulci (1/3 – ¼) pentru a putea fi traversate de către maşinile agricole;
- se va asigura realizarea unor parcele de formă geometrică regulată (dreptunghi, trapez, paralelogram) cu laturi lungi – constituite din canale – paralele;
- pe cât posibil, suprafeţele delimitate de canale (parcele) trebuie să fie egale între ele pentru asigurarea organizării eficiente a proceselor de muncă în agricultură. Suprafaţa unei parcele este cuprinsă între 20–90 ha.




În funcţie de relieful şi microrelieful terenului, de condiţiile pedologice şi hidrogeologice care condiţionează circulaţia apei la suprafaţa terenului, în sol şi subsol, pot rezulta reţele sistematice (fig.5.2.) sau reţele nesistematice (fig.5.3.) de canale.

Fig.5.3. Reţea nesistematică de canale pentru drenajul de suprafaţă

În cazul reţelelor sistematice, distanţa dintre canale se poate calcula cu una din relaţiile:

a) $d = \frac{24T\sqrt{I}}{n} x \frac{(K_s \cdot H)^{2/3}}{(K_s \cdot H)^{2/3} - 1}$ (m) (Dubach)

în care:

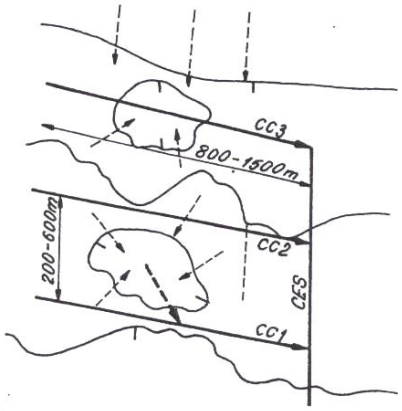
T – timpul de evacuare a apei de pe suprafaţa desecată, ore;
I – panta medie a terenului, m/m;
n – coeficient de rugozitate al terenului, (după Kutter), cu valorile:
n = 0,030 – păşuni şi fâneţe cu iarbă scurtă;
n = 0,035 – păşuni şi fâneţe cu iarbă înaltă;
n = 0,040 – culturi agricole ajunse la maturitate;
n = 0,050 – tufăriş rar, cu buruieni;
K – stratul de apă în momentul încetării ploii, mm:
H = 0,65 x i $t_p$
i – intensitatea ploii, mm/oră;
$t_p$ – durata ploii, ore.
d – distanţa dintre canale, m.

b) $d = \frac{78}{\gamma} \eta \, i \, T^2 \, I$ (m) (Kosteakov)

în care:

i – intensitatea ploii de calcul, mm/oră, de obicei i = 1 – 3 mm/oră;
I – panta medie a terenului, %;
η – coeficient de scurgere, (0,3 – 0,5);
γ- coeficient cu valoarea: (3 – 5);
T – durata de evacuare a apei, ore.

În funcţie de textura solului, se indică, orientativ următoarele distanţe dintre canale:
- textură grea: 200 – 400 m;
- textură medie: 300 – 500 m;
- textură uşoară: 400 – 600 m.

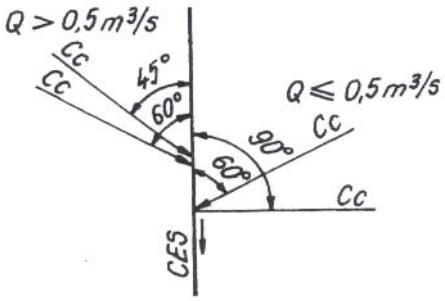



Lungimea se stabileşte în funcţie de panta şi microrelieful terenului, urmărindu-se ca adâncimea maximă să asigure colectarea apei din rigole şi drenuri; lungimea optimă a canalelor colectoare este cuprinsă de obicei între 800 – 1500 m, rareori ajungând la 2000 m, dacă condiţiile de limite obligate o impun, (fig.5.4.).

Fig. 5.4. Trasarea canalelor colectoare

Canalele de evacuare se trasează pe cotele cele mai joase ale terenului deservit, urmărind talvegul văilor şi depresiunilor principale. Dacă terenul permite, canalele de evacuare pot avea acţiune bilaterală, în care caz se pot trasa la distanţe mari: 1600 – 3000m în cazul canalelor de evacuare secundară.

În cazul acţiunii unilaterale, canalele de evacuare secundară se amplasează la distanţe de 800 – 1500 m. Lungimea lor poate ajunge la 1500 – 3000 m astfel încât cu o lungime minimă să se asigure deservirea zonei interesate.




Racordarea canalelor în zona de confluenţă trebuie să se facă în unghi ascuţit în sensul curentului, până la unghi drept, în funcţie de debitul canalului afluent şi viteza apei pe acesta, după natura pământurilor din zona de confluenţă. Se urmăreşte evitarea proceselor de eroziune sau de colmatare în zona de confluenţă, fig.5.5.

Fig.5.5. Racordarea în plan a canalelor de drenaj

Canalele de intercepţie se trasează la limita suprafeţei de desecat şi, pe cât posibil, perpendicular pe direcţia afluxului de ape exterioare. Ele vor urmări locurile cele mai joase ale terenului din zona respectivă, precum şi panta generală a terenului.

Canalul de centură (CCC) colectează apele care se scurg de pe terenurile înalte, limitrofe spre zona amenajată, prevenind inundarea terenului. Distanţa dintre axul canalului şi baza versantului (piciorul taluzului terasei) depinde de condiţiile topo-hidrogeologice şi geotehnice, fiind cuprinsă între 5 – 50 m. Lungimea maximă a canalelor de centură nu trebuie să depăşească 1500 m. În cazul suprafeţelor de formă alungită, paralele cu versantul, canalele de centură se vor împărţi pe tronsoane distincte, fiecare urmând să fie racordat la cel mai apropiat canal de colectare.

Dacă în zona versantului există şi aflux freatic, canalul colector de centură poate fi destinat să capteze şi această sursă de exces de umiditate.

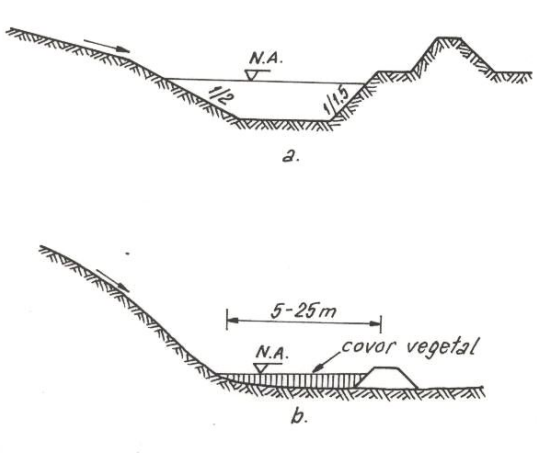



Fig.5.6. Canal colector de centură - detalii de execuţie

Canalul de centură, se execută, de obicei, sub forma unui canal cu lăţime mai mare faţă de adâncime, cu o pantă longitudinală mică (i < 0,5‰), cu înclinarea taluzurilor diferenţiată: taluzul amonte – ½; taluzul aval – 1/1,5 – ½, fig.5.6.,a.).

Dacă debitele sunt mai mari şi e necesar ca acestea să fie evacuate pe o pantă mare a terenului se amenajează o „pistă de apă" de preferinţă pe un talveg existent. Apa colectată va fi evacuată sub forms unei pânze cu grosime şi viteză reduse care nu va cauza eroziune. Ăn acest scop pista de apă trebuie menţinută în permanenţă înierbată (fig.5.6.,b.)

Canalul colector de infiltraţie (CCI) se amplasează paralel cu digul la 30 – 50 m de piciorul taluzului interior al acestuia.

Dacă terenul din zona digului prezintă o permeabilitate mare, canalele vor avea adâncimi de până la 2 m pentru a putea capta tot debitul infiltrat. Dacă terenul este slab permeabil sau impermeabil, se utilizează canale cu adâncimi mici, de tipul rigolelor. Debitul colectat de acestea va fi descărcat în cele mai apropiate canale de desecare faţă de dig; aceste canale trebuie să aibe o adâncime minimă de 1,5 m.

La stabilirea distanţei dig-CCI trebuie asigurată stabilitatea digului.

Pentru eliminarea excesului de umiditate provenit din alte surse, reţelele de canale se proiectează cu anumite particularităţi:

- în amenajările de irigaţii cu canale, pentru descărcarea debitelor nefolosite, se prevăd canale de evacuare care pot colecta şi debitele ce se scurg în avalul sectoarelor de udare. Se consideră că toate canalele de irigaţie cu debite mai mari de 150 l/s trebuie prevăzute cu posibilităţi de descărcare. Se va urmări refolosirea apei evacuate pentru irigaţie în vedrea folosirii mai bune a energiei înglobată în acestea (mai ales în cazul amenajărilor prevăzute cu mai multe trepte de repompare).
- în cazul orezăriilor, trebuie asigurată izolarea hidrogeologică faţa de terenurile învecinate pentru a evita deteriorarea acestora prin salinizare secundară sau înmlăştinire. În acest scop, se prevede un canal de centură, cu adâncimea de cca. 2 m care să poată colecta infiltraţiile laterale;
- în cazul amenajărilor piscicole, paralel cu conturul amenajării se amplasează canale continue sau întrerupte, în funcţie de lungimea conturului şi posibilităţile de evacuare în reţeaua de drenaj. Canalele se amplasează la 10 – 50 m de limita amenajării piscicole, astfel încât să se evite pierderile de teren, dar să se asigure stabilirea digurilor amenajării.

### 5.3.1.2. Calculul debitelor şi volumelor de apă de evacuat

Debitul de dimensionare a lucrărilor de drenaj rezultă din însumarea debitelor surselor de exces de umiditate care se manifestă simultan în funcţie de durata în care trebuie evacuat excesul de apă din sol şi de la suprafaţa acestuia.

**Durata admisibilă a excesului de apă pe terenurile agricole**

Efectul negativ al excesului de umiditate asupra plantelor este direct proporţional cu durata de manifestare a acestuia. Culturile agricole, suportă excesul de umiditate o durată foarte scurtă de timp fără diminuarea producţiei: 5 - 6 ore pentru legume, 8 – 12 ore pentru cereale, 24 – 36 ore pentru pomii fructiferi. Dimensionarea lucrărilor de drenaj pentru evacuarea apei în exces pe durate atât de mici ar duce la gabarite deosebit de exagerate, la investiţii specifice foarte mari şi la suprafeţe mari ocupate definitiv de lucrări. De aceea excesul de umiditate trebuie evacuat într-un timp mai îndelungat în care pagubele produse asupra culturilor agricole sunt reduse la o limită economică.

La o durată a excesului de umiditate de 3 zile, cerealele (grâu, porumb) şi plantele tehnice (sfecla, floarea sorelui) înregistrează o pierdere de recoltă de 10 – 20% din producţia obţinută în condiţii de umiditate normală în sol. Pierderi mai mari, 30 – 40%, se înregistrează la cartof, iar la fâneţe şi păşuni nu este afectată mărimea producţiei.

La o durată a excesului de umiditate de 7 zile, în perioada de vegetaţie, producţia se reduce cu 40 – 50% la cereale şi plante tehnice, cu 80 – 100% la cartof, cu 15 – 20% la păşuni şi fâneţe.

Deoarece în ţara noastră cerealele şi plantele tehnice ocupă cca. 2/3 din suprafaţa arabilă, lucrările de drenaj trebuie să satisfacă cerinţele acestor culturi. De aceea se consideră durata admisibilă (critică) de evacuare a excesului de umiditate este de 3-5 zile pentru intervalul IV - IV, producându-se o pierdere de recoltă de cca. 10 – 15%. Dacă avem în vedere că în acest interval de timp excesul de umiditate afectează numai zonele mai joase unde stagnează apa şi nu întreaga suprafaţă, pierderile reale de recoltă vor fi mai mici, de cca. 2 – 3%.

În perioada rece a anului (X - III) la o durată a excesului de umiditate de 7 zile cerealele de toamnă înregistrează pierderi de recoltă de cca. 5%, cu excepţia lunii martie când acestea sunt de 15%. La această durată de exces de umiditate, ierburile perene nu sunt afectate. De aceea se consideră că în afara perioadei de vegetaţie excesul de umiditate trebuie evacuat în 5 – 7 zile.

**Debite şi volume de apă de evacuat prin drenaj**

Debitul total de evacuat, rezultat din drenajul unei anumite suprafeţe de teren se stabileşte prin însumarea debitelor parţiale ale surselor de exces de apă care se manifestă simultan. De aceea trebuie determinat debitul specific pe fiecare sursă de exces, precum şi suprapunerea lor în timp.

**1) Calculul debitului provenit din precipitaţii**

Amploarea excesului de apă provenit din precipitaţii depinde de: durata şi intensitatea ploii; caracteristicile terenului (mărime, formă, pantă, permeabilitate, învelişul vegetal); zona în care cade ploaia: pe terenul plan sau pe terenul înalt, învecinat.

Debitul provenit din precipitaţii se bazează pe cunoaşterea ploii critice, adică a acelei ploi care dă scurgerea maximă.

Ploaia de calcul rezultă din prelucrarea ploilor maxime înregistrate pe un şir consecutiv de minim 15-20 ani, printr-un calcul de asigurare. Se ia în consideraţie, ploaia maximă cu asigurarea de 5%, în cazul drenajului terenurilor agricole.

Debitul rezultat din precipitaţii căzute pe suprafaţa interesată în lucrări rezultă din relaţia:

$$Q = q_p \ S \qquad (m^3/s;\ l/s)$$

în care:

$q_p$ – debitul specific rezultat din precipitaţii, l/s ha;

S – suprafaţa de colectare a apelor, ha.

Debitul specific de evacuat ($q_p$) se poate calcula cu relaţiile:

1. $$q_p = \frac{2{,}78 \ h \ K_s}{T} \ (l/s\ ha)$$

în care:

h – mărimea ploii de calcul, mm;

$K_s$ – coeficient de scurgere pentru terenuri joase;

T – durata de evacuare a apei, ore:

- 2-3 zile în perioada de vegetaţie;
- 5-7 zile în afara acesteia.

2. $$q_p = \frac{K_s \ h}{8{,}64\ T} \ (l/s\ ha)$$

în care:

T – durata de evacuare a apei, zile.

Debitul specific se calculează pentru fiecare din cele 12 luni ale anului, utilizând în stabilirea debitului de evacuat, valoarea maximă din luna cu excedent de apă rezultată prin calculul bilanţului în sol. Aceasta, înmulţită cu suprafaţa de colectare aferentă fiecărui canal dă debitul de dimensionare.

Debitul canalelor de evacuare rezultă din debitele colectate din canalele de ordin inferior, la care se adaugă – uneori – şi debitul colectat direct. Calculul se face pe tronsoane, prin metoda compunerii din amonte spre aval.

<u>Volumul mediu anual de apă în exces</u>

În cursul unui an, volumul mediu rezultat din apa în exces se calculează cu relaţia:

$$V = b \ H \ S \qquad (m^3)$$

în care:

b – coeficient de scurgere mediu anual, cu valori cuprinse între 0,05 – 0,15; valorile minime se iau pentru zone cu temperaturi anuale mai mici şi precipitaţii abundente; se poate calcula cu relaţia (Kreps-Wundt):

$$b = 0{,}88\frac{25\,t^0 - 240}{H}$$

în care:

$t^0$ – temperatura medie anuală, $^0C$;

H – precipitaţii medii anuale, m;

S – suprafaţa amenajată, $m^2$.

<u>Debitul provenit din precipitaţii căzute pe suprafeţe înalte limitrofe</u>

Pe terenuri cu pante sub 5%, calculul debitului de evacuat se face cu relaţiile prezentate anterior, folosind însă coeficienţii de scurgere caracteristici zonelor înalte.

Pentru terenuri cu pante mai mari de 5% debitul de evacuat se calculează cu relaţia:

$$Q = 167 \ i \ K_{s2} \ S \qquad (l/s)$$

în care:

i – intensitatea ploii de calcul, mm/min $m^2$;

$K_{s2}$ – coeficient de scurgere pentru terenuri înalte;

S – suprafaţa de colectare a apelor, ha.

Dacă suprafaţa înaltă limitrofă, cu pante mai mari de 5% depăşeşte 5000 ha, calculul debitului se face pe sub-bazine.

**2. Calculul debitelor provenite din captarea izvoarelor**

În anumite condiţii, la contactul luncă-terasă iau naştere izvoare care provin din apa freatică. Debitul acestor izvoare se poate determina fie prin măsurarea directă a debitului, fie prin calculul afluxului stratului freatic acolo unde izvoarele sunt ascunse sub depozite de pământ. În acest ultim caz, afluxul superficial în luncă provocat de stratul acvifer al terasei, se determină cu relaţia:

$$Q = K\ H\ I\ L + q_1 \qquad (m^3/s)$$

în care:

K – conductivitatea hidraulică a stratului acvifer al terasei, limitrof luncii, m/zi;
H – grosimea stratului acvifer al terasei deasupra nivelului din luncă, m;
I – panta nivelului apei subterane a terasei, m/m; (sub formă zecimală);
L – lungimea zonei de contact luncă-terasă în care izvoarele sunt ascunse,m;
$q_1$ – debitul total al izvoarelor din zona de contact luncă-terasă, $m^3/s$.

Volumul mediu de apă anual datorat izvoarelor se determină prin înmulţirea debitului calculat (Q – l/s) cu numărul de secunde din intervalul de timp în care are loc efectiv evacuarea lui.

**3. Calculul debitelor provenite din infiltraţii prin dig şi pe sub dig**

Debitul total (Q) de apă în exces provenită din infiltraţii prin dig şi pe sub dig se calculează cu relaţia:

$$Q = q\ L \qquad (l/s,\ m^3/s)$$

în care:

q – debitul specific, infiltrat pe unitatea de lungime a digului, l/s m; $m^3$/zi m;
L – lungimea digului, m.

Debitul specific infiltrat pe lungimea digului, este alcătuit din debitul specific infiltrat prin dig şi debitul specific infiltrat pe sub dig.

Debitul specific provenit din infiltraţii prin dig ($q_1$) se determină cu relaţia:

$$q_1 = \frac{K(H^2 - h^2}{2 \cdot 1} \qquad (l/s\ m)$$

în care:

K – coeficient de permeabilitate al materialului din corpul digului, m/s;
H – nivelul apei în râul îndiguit, la asigurarea de 10%, m; (cotă absolută);
h – nivelul apei în canalul de captare a apei de infiltraţie, m; (cotă absolută);
l – distanţa de la intersecţia oglinzii apei din râu cu digul, până la axul canalului de evacuare, m.

Calculul debitului specific de infiltraţie pe sub dig ($q_2$) se poate face cu relaţia:

$$q_2 = K_2\ T_2 \frac{H - H_o}{L\varphi} \qquad (m^3/zi\ m)$$

în care:

$K_2$ – coeficient de permeabilitate al stratului de fundaţie a digului, m/zi;

$T_2$ – grosimea stratului de fundaţie a digului, m;

H – cota nivelului apei în râul îndiguit, la asigurarea de 10% m;

$H_o$ – cota nivelului apei în canalul de evacuare, m;

L – distanţa de la malul râului la canalul de evacuare, m;

φ - coeficient de corecţie (tabelul nr.5.3.), dependent de parametrii α şi μ:

$$\alpha = \frac{a}{L}$$

în care:

a – lăţimea zonei dig-mal, m

$$\mu = \sqrt{\frac{K_1}{K_2}\ \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}_1}\ \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{T}_2}}$$

în care:

$K_1$ – coeficient de permeabilitate a stratului superior, m/zi;

$T_1$ – grosimea stratului superior, m.

Tabelul 5.3.

Valorile coeficientului de corecţie φ

| α \ μ | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 2.0 | 4.0 | 6.0 | 8.0 | 10.0 | 20.0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| 0.1 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.995 | 0.990 | 0.983 | 0.970 | 0.948 |
| 0.2 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.998 | 0.997 | 0.995 | 0.956 | 0.930 | 0.915 | 0.898 | 0.810 |
| 0.3 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.997 | 0.993 | 0.991 | 0.969 | 0.908 | 0.858 | 0.823 | 0.800 | 0.750 |
| 0.4 | 1.000 | 0.999 | 0.997 | 0.993 | 0.987 | 0.980 | 0.917 | 0.831 | 0.764 | 0.725 | 0.700 | 0.650 |
| 0.5 | 1.000 | 0.998 | 0.993 | 0.986 | 0.975 | 0.967 | 0.881 | 0.741 | 0.666 | 0.625 | 0.600 | 0.550 |
| 0.6 | 1.000 | 0.997 | 0.988 | 0.975 | 0.958 | 0.937 | 0.817 | 0.646 | 0.566 | 0.525 | 0.500 | 0.450 |
| 0.7 | 1.000 | 0.995 | 0.982 | 0.962 | 0.935 | 0.904 | 0.743 | 0.548 | 0.467 | 0.425 | 0.400 | 0.350 |
| 0.8 | 1.000 | 0.993 | 0.974 | 0.944 | 0.906 | 0.804 | 0.661 | 0.449 | 0.367 | 0.325 | 0.300 | 0.250 |
| 0.9 | 1.000 | 0.990 | 0.962 | 0.922 | 0.871 | 0.816 | 0.573 | 0.350 | 0.267 | 0.225 | 0.200 | 0.150 |
| 1.0 | 1.000 | 0.987 | 0.950 | 0.895 | 0.830 | 0.782 | 0.482 | 0.250 | 0.157 | 0.125 | 0.100 | 0.050 |

**4. Debitul de evacuat rezultat din apa freatică**

Debitul de dimensionare al canalelor care colectează şi apa din drenurile subterane rezultă însumând cele două valori:

$$Q = Q_p + Q_f \qquad (l/s)$$

în care:

$Q_p$ – debit rezultat din precipitaţii şi alte surse;

$Q_f$ – debit rezultat din apa freatică.

Debitul rezultat din apa freatică se determină în funcţie de tipul de drenaj utilizat. În cazul drenurilor orizontale amplasate în acvifere nelimitate, debitul freatic de evacuat va fi:

$$Q_f = S \quad q_f \qquad (l/s)$$

în care:

$q_f$ – debitul specific rezultat din pânza freatică, care se poate calcula cu relaţiile:

1) $$q_f = \frac{PA(H-h)10000}{86400\,T} = \frac{PA(H-h)}{8{,}64\,T} \qquad (l/s\ \ ha)$$

în care:

PA – porozitatea de aeraţie, %;

H – grosimea stratului acvifer saturat deasupra planului drenurilor, m;

h – înălţimea apei deasupra planului drenurilor, m;

T – durata de evacuare a excesului de apă, zile.

2) $$q_f = \frac{(CT-CC)(H_2-H_1)}{0{,}86\ t_p} - \frac{e}{8{,}64} + \frac{h_o}{8{,}64\,t_p} \qquad (l/s\ \ ha)$$

în care:

CT – capacitatea totală pentru apă a solului, %;

CC – capacitatea de câmp pentru apă a solului, %;

$H_2$ – cota nivelului freatic pe terenul nedrenat, m;

$H_1$ – cota nivelului freatic la adâncimea de drenaj proiectată, m;

$t_p$ – durata intervalului ploios în care nivelul freatic creşte de la $H_1$ la $H_2$, zile (1-4 zile);

e – evapotranspiraţia în intervalul $t_p$, mm;

$h_o$ – nivelul apei infiltrate în sol pe durata $t_p$, mm.

Debitul specific se calculează pentru două perioade caracteristice: de primăvară, când nivelurile freatice au o valoare maximă şi pentru perioada vară-toamnă când nivelurile freatice sunt mai scăzute.

În cazul acviferelor limitate se practică drenuri verticale cu pompare al căror debit se determină cu relaţia:

$$q = \frac{1{,}36\,K\,H\,S}{10g\frac{d}{2r} - 0{,}62} \qquad (m^3/s)$$

în care:

q – debitul drenului vertical perfect, $m^3/s$;

H – grosimea stratului acvifer, m;

K – conductivitatea hidraulică a acviferului, m/zi;

S – denivelarea din dren produsă prin pompare, m;

d – distanţa dintre drenuri, m;

r – raza drenului, m.

**5. Stabilirea debitelor de evacuat din perimetrele irigate**

Introducerea irigaţiei duce la apariţia unei surse noi de exces de umiditate. Debitele care trebuie evacuate prin reţeaua de drenaj se suplimentează cu valoarea debitelor produse ca exces

de apă de către sistemul de irigaţie. Acestea depind de tipul de amenajare, metoda de udare şi valoarea hidromodulului brut lunar:

$$Q = q_i \ p \ s \qquad (l/s)$$

în care:

$q_i$ – hidromodulul brut lunar, l/s ha;

p – mărimea pierderilor de apă, %, (tabel nr.5.4.);

S – suprafaţa irigată, ha.

Tabelul nr.5.4.

Pierderi de apă care se iau în calcul la stabilirea debitului de evacuat în sistemele de drenaj

| Metoda de udare şi tipul de amenajare | Pierderi de apă (% din hidromodulul brut lunar) |
|---|---|
| Udare prin brazde şi amenajare cu canale de pământ | 10 – 15 |
| Udare prin brazde şi amenajare cu jgheaburi şi conducte de transport | 5 – 10 |
| Udare prin aspersiune şi amenajare cu canale de pământ | 2 – 15 |
| Udare prin aspersiune şi amenajare cu conducte sub presiune | 0 – 0.1 |
| Udare prin inundare continuă şi amenajare cu canale de pământ | 20 – 30 |
| Udare prin inundare discontinuă şi amenajare cu canale de pământ | 15 – 20 |

Utilizând formula de mai sus se determină debitul mediu lunar evacuat pentru perioada de irigare a culturilor. Separat de aceste valori, la canalele care au rol de izolare a suprafeţelor irigate de restul terenurilor trebuie să se adauge şi debitele provenite din infiltraţie din perimetrul irigat. Această situaţie se întâlneşte în special în amenajările orizicole.

Volumul mediu de apă în exces, provenit din irigaţii în decursul unui an de zile, se determină cu relaţia:

$$V = M \ p \ S \qquad (m^3/an);$$

în care:

M – norma de irigaţie, $m^3$/ha;

p – pierderi de apă, %;

S – suprafaţa irigată, ha.

În cadrul disciplinei de drenaj s-a elaborat o metodologie de calcul a debitului specific de drenaj rezultat din irigaţii bazat pe deficitul de umiditate din luna de vârf. Pentru zonele de sud ale ţării, se poate folosi formula:

$$q_i = 0{,}0025 \ (E - P) \qquad (l/s \ ha)$$

în care:

E – evapotranspiraţia potenţială din luna de vârf, mm;

P – precipitaţii medii din luna de vârf, mm.

**6. Debitul total de evacuat dintr-un sistem de drenaj**

Debitul maxim de evacuat dintr-o amenajare de drenaj rezultă din însumarea debitelor pe surse de exsces de umiditate care se manifestă simultan. Considerând un anumit teritoriu pe care toate cauzele excesului de apă se produc în aceeaşi perioadă de timp, rezultă:

$$Q_T = Q_{p_1} + Q_{p_2} + Q_f + Q_{\inf} + Q_{ir} + Q_a \qquad (l/s, \ m^3/s)$$

în care:

$Q_p$ – debitul rezultat din precipitaţii căzute pe suprafaţa analizată ($p_1$) sau în zona înaltă limitrofă ($p_2$);

$Q_f$ – debitul rezultat din apa freatică;

$Q_{inf}$ – debitul produs prin infiltraţii laterale din cursul de apă îndiguit;

$Q_{ir}$ – debitul rezultat din irigaţii;

$Q_a$ – debitul rezultat din alte surse.

În funcţie de perioada în care se produce fiecare cauză a excesului de apă, se calculează debitul caracteristic pe fiecare lună calendaristică în parte, folosind la dimensionare una din valorile maxime obţinute.

În condiţiile ţării noastre, debitele maxime de evacuat se produc în lunile martie şi aprilie şi se datoresc aproape exclusiv apelor din precipitaţii şi apelor freatice.

În cazul unor debite totale foarte mari se analizează posibilitatea utilizării unor lucrări de atenuare (stocare în reţeaua de canale, bazine de retenţie temporară) sau chiar inundarea parţială a unor zone joase din amenajare pentru o durată de 3 – 10 zile.

La amenajările cu suprafeţe mai mari de 5000 ha debitul maxim depinde şi de capacitatea de acumulare a reţelei de canale, care diminuează valoarea debitului, dar măreşte durata de manifestare a debitelor maxime.

Debitul de evacuat se poate determina şi pe cale grafică, prin metoda hidrografului.

### 5.3.1.3. Dimensionarea canalelor de drenaj

Dimensionarea canalelor de drenaj are scopul de a stabili elementele de construcţie în secţiune transversală, precum şi elementele hidraulice ale acestora.

**1) Forma secţiunii transversale a canalelor de drenaj**

Cea mai utilizată formă a secţiunii transversale a canalelor este aceea trapezoidală, care deşi, prezintă un regim variabil de curgere a apei are avantajul că se poate calcula hidraulic uşor. Pentru canale mici, provizorii, se poate utiliza secţiunea triunghiulară, cu taluzuri dulci (1/5 – 1/7) care să permită traversarea lor de către maşinile agricole. În cazul păşunilor se recomandă folosirea unor canale cu secţiune parabolică care pot fi traversate de animale fără a se deteriora. În plus au şi avantajul că debitele mici pot fi evacuate la viteze care să împiedice dezvoltarea vegetaţiei acvatice. Dificultăţile de execuţie însă fac să se folosească în cea mai mare măsură forme transversale trapezoidale. Pentru o îmbunătăţire a regimului scurgerii apei în aceste canale forma trapezoidală se poate modifica astfel:

- pentru micşorarea gradului de colmatare şi îmburuienare a canalelor se recomandă secţiunea cu fundul în unghi adâncit cu cca. 30 cm faţa de cota de fund proiectată;
- canalele cu adâncimi de peste 2-3 m, care străbat pe adâncime straturi de materiale pământoase cu unghiuri de frecare interioară diferite se pot construi cu înclinări diferite ale taluzurilor;
- canale cu adâncimi mari şi debite de peste 3-5 $m^3/s$ se recomandă să fie construite cu secţiune dublu trapezoidală, având cuneta dimensionată pentru raportul debitelor mijlocii.

Canalele de colectare a scurgerilor de pe versanţi au o secţiune trapezoidală asimetrică, rareori prevăzute cu un diguleţ longitudinal paralel cu axul canalului. La canalele de drenaj secţiunea optimă totală (secţiunea udată plus secţiunea situată deasupra nivelului apei) se obţine rar deoarece raportul b/h este condiţionat de cotele obligate ale fundului şi ale nivelului apei în canal.

Cea mai eficientă secţiune transversală (hidraulic) care dă şi un volum minim de terasamente rezultă din raportul:

$$b = 2h \ \mathrm{tg}\frac{\alpha}{2}$$

în care:

$\alpha$ – unghiul taluzului

Secţiunea optimă se caracterizează printr-un perimetru udat minim şi o rază hidraulică maximă şi se numeşte secţiune de minimă rezistenţă la mişcare apei.

**2) Adâncimea canalelor**

În drenaj, adâncimea canalelor rezultă din diferenţa dintre cota terenului şi cota obligată a fundului canalului, impusă de necesitatea scurgerii gravitaţionale a apei şi de colectarea debitelor din elementele de ordin inferior ale schemei hidrotehnice.

Canalele care colectează numai exces de apă de suprafaţă au adâncimi care depăşesc 0,8 – 1,0 m, din care înălţimea de siguranţă este de 0,2 – 0,4 m cu rolul de a evita inundarea din jur a terenului.

Canalele colectoare în care se descarcă drenuri subterane au adâncimea determinată de necesitatea descărcării acestora. În acest scop, cota fundului canalului colector ($C_{fc}$) rezultă din relaţia:

$$C_{fc} = C_d + 0,2 + h_c \qquad (m)$$

în care:

$C_d$ – cota punctului de descărcare a drenului, m;

$h_c$ – adâncimea apei în canale, rezultată din dimensionarea hidraulică, m;

0,1 m – condiţia de descărcare a drenurilor subterane.

Adâncimea canalelor colectoare poate ajunge la 1,2-1,5 m.

Canalele de transport şi evacuare pot fi dimensionate astfel ca nivelul maxim extraordinar să ajungă la suprafaţa terenului cu condiţia ca această situaţie să nu dureze mai mult de o zi. Adâncimealor rezultă din necesitatea colectării debitelor din canalele de ordin inferior sau din drenurile subterane. Se are în vedere că nivelul apei din canalul receptor trebuie să fie cu 0,2 – 0,3 m mai jos decât nivelul apei din canalele receptate.

**3) Panta canalelor de drenaj**

Din considerente economice panta canalelor trebuie să fie cât mai apropiată de panta terenului pe traseul lor cu condiţia asigurării unei viteze a apei cuprinsă în intervalul vitezei admisibile.

Alegerea corectă a pantei are o mare importanţă deoarece determină creşterea progresivă a adâncimii canalelor, influenţând direct mărimea volumului de terasamente şi suprafaţa scoasă din circuitul agricol.

Deoarece drenajul se aplică mai ales pe terenuri cu pante mici, în general pantele canalelor au valori mici. Pantele canalelor trebuie să aibe valori cuprinse între 0,00015 – 0,005. Valorile maxime se adoptă pentru canalele de ordin inferior care transportă debite mici, sub 1 $m^3/s$ (i = 0,5 – 5,0 ‰) iar valorile minime, pentru canale cu debite mai mari de 1 $m^3/s$ (i = 0,2 - 2‰). Se pot accepta aceste valori ale pantei mai mari de 5‰ dacă nu rezultă viteze de eroziune ale apei în canal.

În anumite cazuri se pot accepta şi tronsoane de canal în palier.

**4) Viteza apei în canale de drenaj**

Viteza de curgere a apei pe canal trebuie să se încadreze în intervalul vitezei admisibile. De regulă, viteza se stabileşte corelat cu panta terenului e traseul canalului. Cum pantele sunt de obicei mici se stabilesc şi viteze mai apropiate de viteza de nesedimentare, ţinând seama de următoarele recomandări:

- evitarea înerbării se asigură la veteze ale apei de minim 0,5 m/s;
- viteza minimă de nesedimentare este:
  - 0,15 – 0,30 m/s la nămol, nisip fin, nisip acvifer;
  - 0,30 – 0,40 m/s la ape cu nisip fin;
  - 0,50 m/s la ape cu nisip mare.

Viteza maximă a apei se stabileşte în funcţie de categoria de material pământos în care se execută canalul, după precizările din tabelul nr.5.5.

Tabelul nr.5.5.

Viteze admisibile de neeroziune pentru canale cu raza hidraulică de 1 m

| Nr. crt. | Categoria de pământ | Tipul | Argilă % | Viteze admisibile de neeroziune (m/s) |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Nisip fin, prafuri | A | 10 | 0.3 – 0.4 |
| 2. | Nisip argilos şi praf argilos | B | 10 – 20 | 0.4 – 0.5 |
| 3. | Lut | C | 20 – 30 | 0.6 – 0.8 |
| 4. | Argile grase şi prăfoase | D | 30 | 0.9 – 1.2 |
| 5. | Terenuri mâloase | E | - | 0.6 – 0.8 |
| 6. | Terenuri turboase | F | - | 0.5 – 0.6 |

**5) Înclinarea taluzurilor**

Taluzele canalelor se stabilesc în funcţie de condiţiile geotehnice ale terenului şi funcţionale ale canalului. În cazul unor canale care pe lungimea lor străbat terenuri cu caracteristici diferite, înclinarea taluzurilor se stabileşte pe tronsoane, după aceste condiţii. Dacă în adâncime canalul se execută în straturi de pământuri diferite taluzul se stabileşte de obicei după unghiul de frecare interioară cel mai defavorabil.

În cazul canalelor cu adâncimi de până la 3-4 m taluzurile se pot stabili prin metode aproximative:

$$tg\,\varphi = tg\,\alpha + \frac{C}{DA \cdot h}$$

în care:

φ – unghiul de frecare interioară, grade;

α – înclinarea taluzului,grade;

C – coeziunea, $t/m^2$;

h – adâncimea canalului, m;

DA – densitatea aparentă, $t/m^3$.

Canalele executate în luncile râurilor traversează frecvent terenuri cu condiţii geotehnice defavorabile cum sunt: chişaiuri, mâluri, argile sărăturate. În aceste cazuri înclinarea taluzurilor se determină prin calcule de stabilitate după metoda alunecării cilindrice (metoda suprafeţei cilindrice de alunecare). Coeficientul de stabilitate al taluzului este dat de momentul forţelor care tind să provoace alunecarea masivului, limitat de suprafaţa de alunecare cilindrică. Calculul se efectuează pentru mai multe suprafeţe, cu diferite raze, luându-se în consideraţie cea mai defavorabilă.

Evidenţierea acţiunii hidrodinamice exercitate de apa de infiltraţie se face prin înlocuirea unghiului de frecare interioară, printr-unul fictiv, dat de relaţia:

$$\varphi_{fictiv} = \frac{DA_a}{DA_u}\varphi_{real}$$

în care:

$DA_a$ – densitatea aparentă a pământului la care se ţine seama de subpresiunea apei;

$DA_u$ – densitatea aparentă a aceluiaş pământ fără acţiunea de suprapresiune a apei.

Informativ, înclinarea taluzurilor canalelor de drenaj rezultă din tabelul nr.5.6.

Tabelul nr.5.6.

Înclinarea taluzurilor canalelor de drenaj de suprafaţă

| Tipul şi adâncimea canalului | Înclinarea taluzului | | |
|---|---|---|---|
| | Natura pământului | | |
| | Argilo-lutoase | Luto-argiloase şi lutoase | Luto-nisipoase şi nisipoase |
| Canale de colectare cu adâncimea mai mică de 1,5 m | 1.0 – 1.25 | 1.25 – 1.50 | 1.50 – 1.75 |
| Canale de colectare şi de evacuare cu adâncimi de la 1,5 m la 2,5 m | 1.25 – 1.50 | 1.50 – 1.75 | 1.75 – 2.00 |
| Canale de evacuare cu adâncimea mai mare de 2,5 m | 1.50 – 1.75 | 1.75 – 2.00 | 2.00 – 2.50 |

**6) Metode de dimensionare ale canalelor de drenaj**

Elementele de construcţie în secţiune transversală care determină secţiunea canalului rezultă prin dimensionarea analitică sau grafică. Prin dimensionare rezultă adâncimea apei în canal şi lăţimea de fund, care din considerente tehnologice – de execuţie şi exploatare – trebuie să fie de minim 0,5 m.

Dimensionarea analitică se practică de obicei în cazurile în care graficele de dimensionare nu se pot utiliza. Metodologia de lucru presupune parcurgerea următoarelor etape:

- precizarea elementelor de bază pentru dimensionare: debitul de dimensionare, panta, înclinarea taluzurilor, coeficientul de rugozitate;
- calculul modulului de debit, $K = S \cdot c\sqrt{R}$

$$K = \frac{Q}{\sqrt{I}}$$

- calculul modulului de debit $K_1$ prin tatonare;
- perechea de valori b – h care generează un $K_1 = K$ este aceea care se ia în considerare.

Dimensionarea grafică constă în utilizarea unor grafice sau nomograme în funcţie de debit, pantă, taluzuri, rugozitate, (fig.5.7. şi 5.8.).

Dimensiunile secţiunii transversale rezultă după întocmirea profilului longitudinal prin canal care precizează linia fundului acestuia şi deci adâncimea de săpătură. La întocmirea profilului longitudinal se va urmări:

- asigurarea adâncimii minime a canalului faţă de punctele cele mai joase ale traseului;
- linia fundului canalului să fie, pe cât posibil, paralelă cu linia canalului;
- linia apei în canalele de transport şi evacuare să fie cu 0,2 – 0,3 m mai coborâtă decât nivelul apei în canalele colectoare şi cu 0,1 – 0,2 m faţă de drenurile subterane;
- profilul longitudinal va cuprinde şi detalii de trasare a elementelor cu care se intersectează canalul (drumuri, canale, conducte, cabluri subterane, LEA etc.).

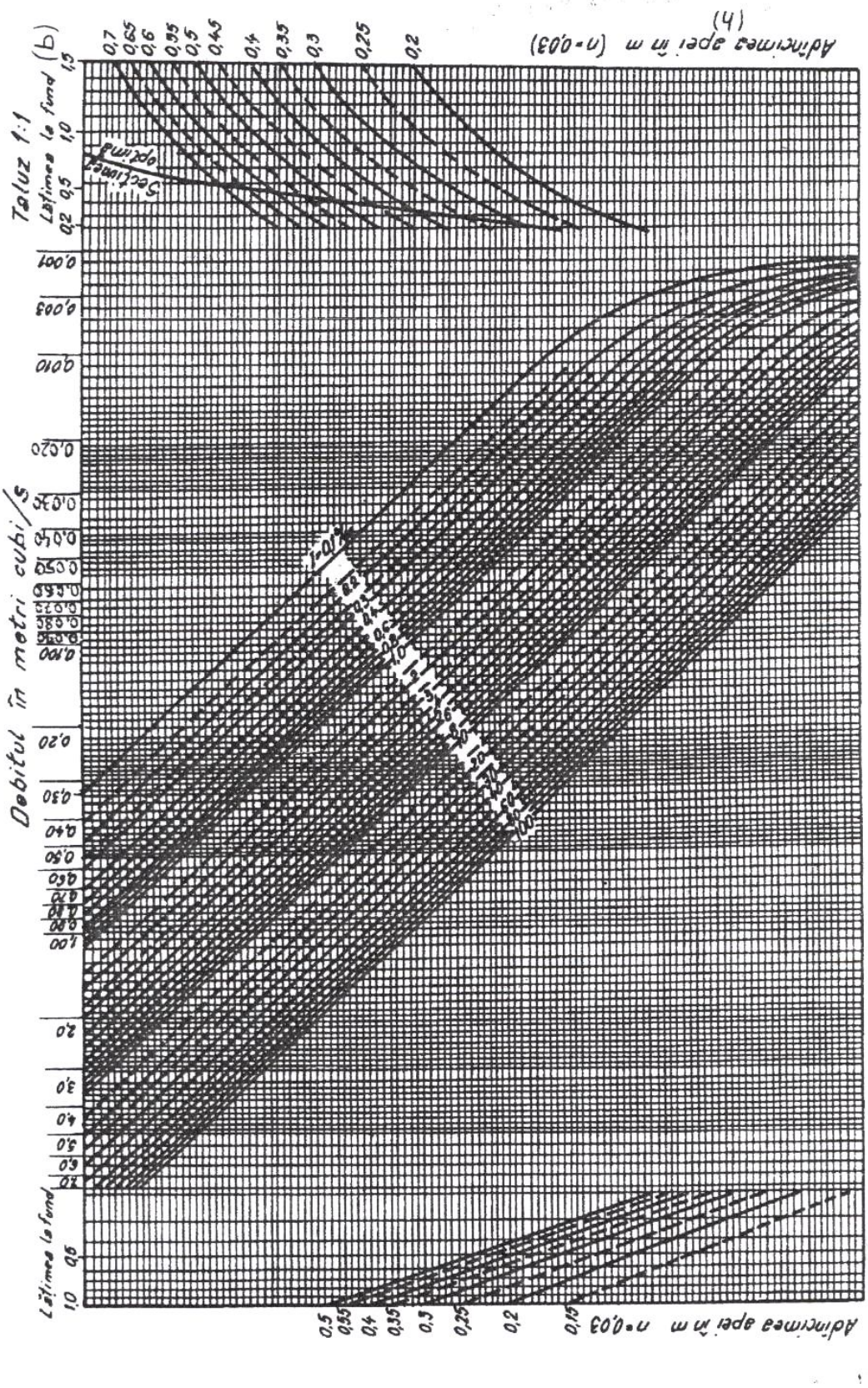



Fig.5.7. Grafic pentru dimensionarea canalelor mici cu taluzul 1 : 1 (după Ganguillet şi Kutter)

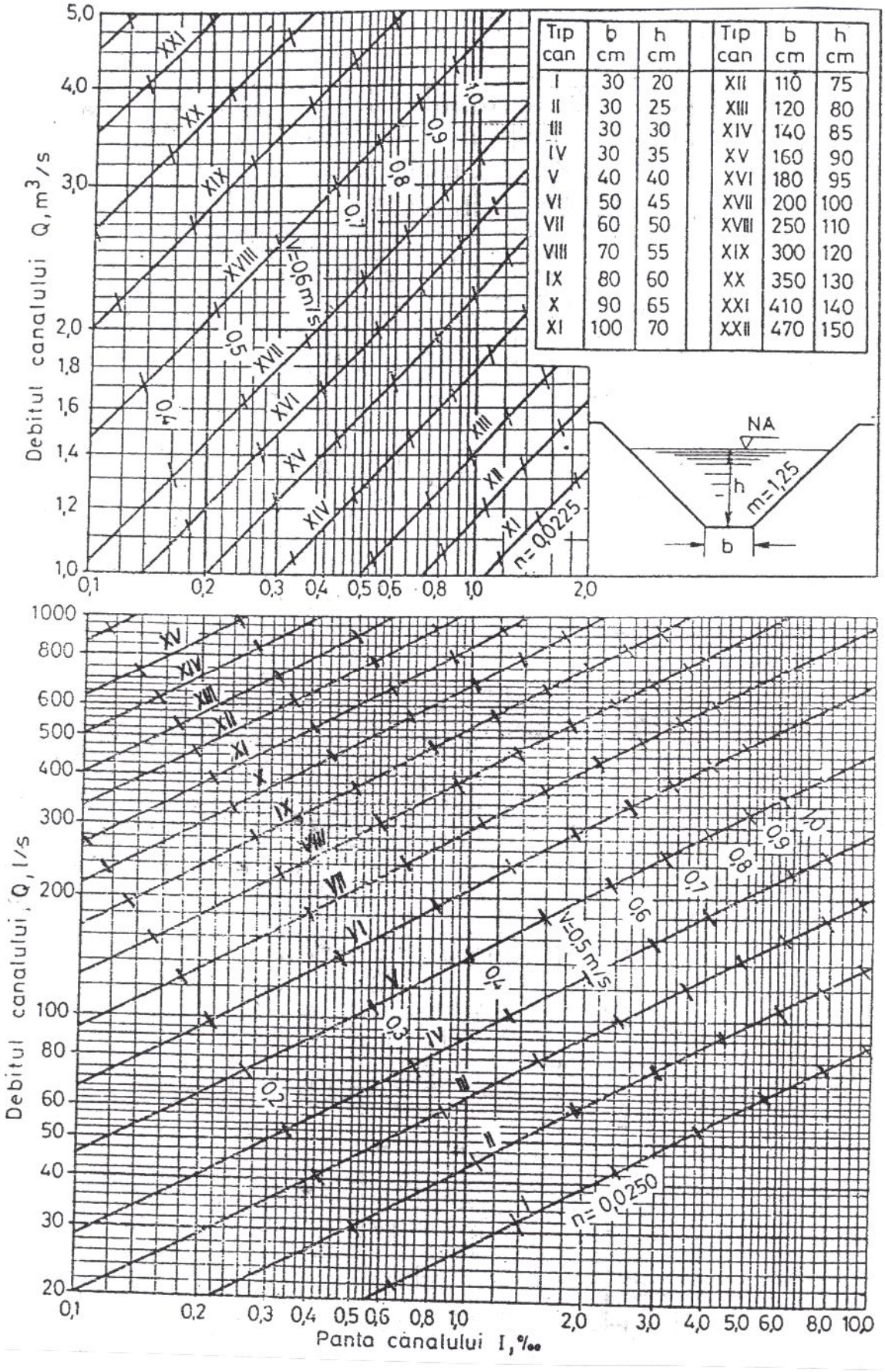



Fig.5.8. Nomogramă pentru dimensionarea canalelor de pământ, tip B (m=1,25)

### 3.2. Drenajul subteran

#### 3.2.1. Pătrunderea apei în drenurile tubulare subterane

**1) Reţeaua hidrodinamică de curgere a apei spre dren.** Într-un lichid aflat într-un mediu poros, fiecare particulă are o sarcină hidraulică proprie, h:

$$h = \frac{p}{\rho g} + Z$$

Particulele de apă, care au aceeaşi sarcină hidraulică se dispun pe o suprafaţă echipotenţială, concentrică cu drenul tubular. Mişcarea particulelor de apă se face pe direcţia gradientului hidraulic maxim, pe o direcţie normală la suprafaţa echipotenţială, formând liniile de curent.

Suprafeţele echipotenţiale şi liniile de curent formează reţeaua hidrodinamică de curgere a apei spre dren. Caracteristicile acesteia depind de relieful terenului, sursa de exces de umiditate, litologia şi aşezarea drenului.

În cazul drenurilor ideale (fig.5.9.a), permeabile pe întreaga circumferinţă, aşezate într-un mediu de curgere omogen, suprafeţele echipotenţiale sunt circulare, concentrice cu drenul, liniile de curent materializînd razele acestor cercuri.

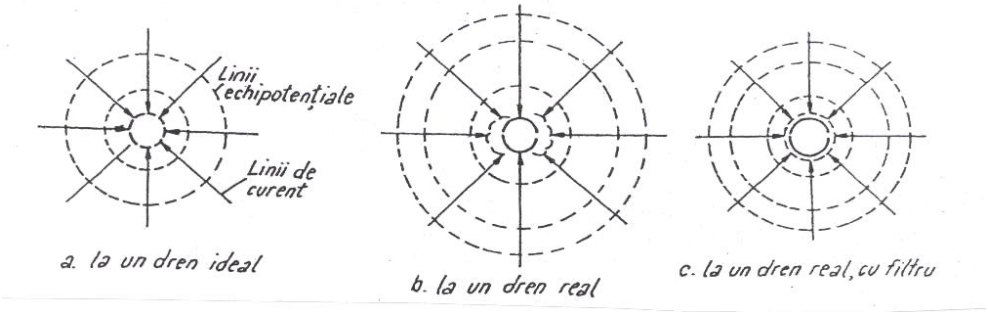



Fig.5.9. Reţeaua hidrodinamică de curgere a apei spre drenuri

Reţeaua hidrodinamică este şi ea ideală.

Faţă de această situaţie în practică apar două modificări:

- apa nu pătrunde în drenuri pe toată suprafaţa drenului ci prin perforaţiile practicate pe aria lor laterală;
- terenul din jurul drenului nu este omogen, atât din cauza tranşeei în care se pozează drenul şi care se umple cu material mai afînat cît şi a prezenţei filtrului în jurul tubului.

Aceste condiţii modifică reţeaua hidrodinamică de curgere a apei spre dren.

Pătrunderea apei în drenuri prin anumite spaţii practicate în peretele tubului face ca liniile de curent să-şi schimbe traseul rectiliniu în apropierea tubului de drenaj, apărînd nişte suprafeţe echipotenţiale suplimentare ceea ce modifică aspectul circular al suprafeţelor echipotenţiale normale, care se apropie de elipsă, (fig.5.9.b). Creşterea densităţii liniilor de curent în jurul drenului face ca rezistenţa care se opune scurgerii să crească, micşorînd debitul preluat din sol, de dren.

Colectarea apei din sol în condiţii hidraulice mai bune impune aşezarea în jurul drenului a unui material mult mai permeabil decât solul, numit material filtrant, care să determine o cât mai mică rezistenţă la circulaţia apei în zona limitrofă drenului.

În acest caz, reţeaua hidrodinamică are un aspect mai apropiat de reţeaua ideală (fig.5.9.c). Deşi în materialul filtrant din jurul drenului lungimea liniilor de curent este mai mare decât drenul ideal, rezistenţa scăzută care se opune scurgerii face ca circulaţia apei să se facă în condiţii bune, (fig.5.10.). Reţeaua hidrodinamică reală la funcţionarea mai multor drenuri se corelează cu distanţa dintre drenuri, (fig.5.11.).

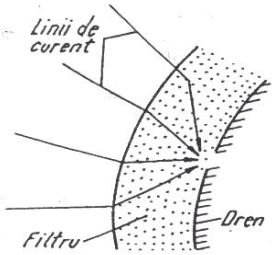



Fig.5.10 Linii de curent în filtrul drenului- detaliu

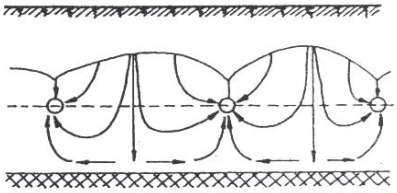


Fig.5.11. Reţeaua hidrodinamică la un sol omogen

**2) Rezistenţa la intrare a apei în dren**

În apropierea drenului real, liniile de curent îşi schimbă direcţia radială, îndepărtându-se spre cel mai apropiat orificiu. Concentrarea mai multor linii de curent spre acelaşi orificiu duce la creşterea rezistenţei care se opune scurgerii deci şi a pierderii de sarcină necesară asigurării scurgerii.

Această rezistenţă suplimentară se numeşte **rezistenţă la intrare** şi depinde de conductivitatea hidraulică a solului şi de tipul de dren. Deoarece la aceeaşi conductivitate a terenului, rezistenţa la intrare depinde numai de tipul de dren se mai numeşte **constantă de intrare a apei în dren**.

Rezistenţa de intrare se exprimă prin relaţia, (fig.5.12.)

$$W_e = \frac{h_i}{q} = \frac{h_i}{S \cdot L} \quad \text{(zile/m)}$$

în care:q – debitul pe unitatea de lungime a drenului, $m^2$/zi

S – debitul pe unitatea de suprafaţă, m/zi

L – distanţa dintre drenuri, m

$h_i$ – diferenţa de sarcină hidraulică între tranşeea drenantă şi tubul de dren, m, care se poate determina prin două metode:

- direct, prin piezometre amplasate în tranşeea drenantă şi în dren;
- indirect, în funcţie de poziţia apei freatice.

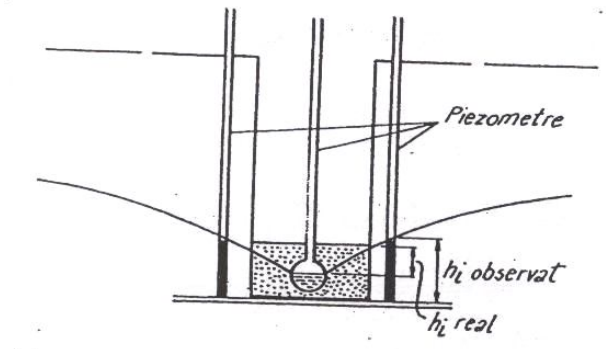



Fig.5.12. Evidenţierea rezistenţei de intrare a apei în dren

Rezistenţa de intrare este invers proporţională cu K din apropierea drenului:

$$W_e = \frac{a}{K}$$

în care: a – factor dependent de tipul de dren

Rezistenţa de intrare depinde şi de modul în care solul vine în contact cu perforaţiile tubului, având valori mai mari dacă pământul pătrunde în perforaţii decât dacă în jurul acestora se formează o mică cavitate. Se consideră că solul formează o interfaţă plană cu perforaţiile, ceea ce simplifică mai mult problema.

În cazul tuburilor din mase plastice, rezistenţa de intrare depinde nu numai de suprafaţa perforaţiilor dar şi de forma şi repartizarea lor (fig.5.13.).

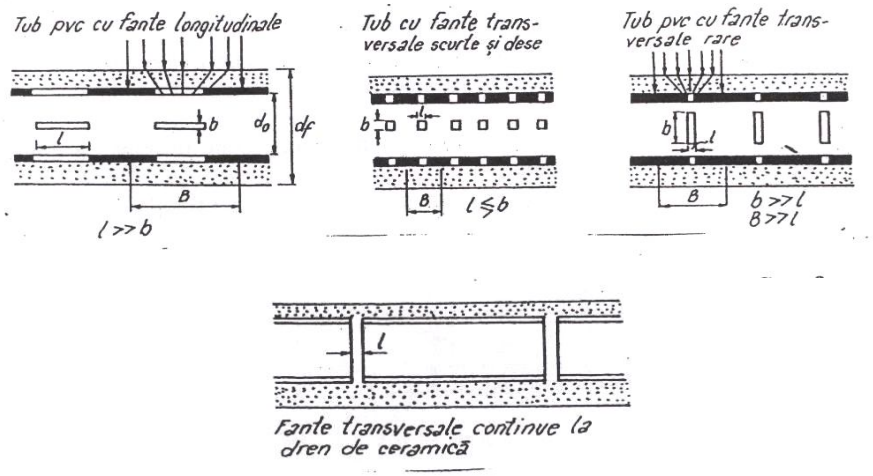

Tub pvc cu fante longitudinale
Tub cu fante transversale scurte şi dese
Tub pvc cu fante transversale rare
l >> b
l ≤ b
b >> l
B >> l
Fante transversale continue la dren de ceramică

Fig.5.13. Caracteristicile geometrice ale tuburilor de drenaj

Rezistenţele de intrare determinate prin metoda directă au dat următoarele rezultate:

| Nr. crt. | Tipul de tub | Tipul de filtru | Rezistenţa de intrare |
|---|---|---|---|
| 1 | Tub ceramică, ø 80 mm | pietriş | 1,5 zile/m |
| 2 | Tub PVC, ø 50 mm | pietriş | 4,6 zile/m |
| 3 | Tub ceramică, ø 80 mm | fără filtru | 5,2 zile/m |
| 4 | Tub PVC ø 50 mm | fără filtru | 12,8 zile/m |

Constanta de intrare impune o sarcină suplimentară care înseamnă că la ½ distanţei dintre drenuri, sarcina hidraulică deci nivelul freatic – este mai ridicată (fig.5.14.) ceea ce micşorează norma de drenaj (tabelul nr.5.7.).

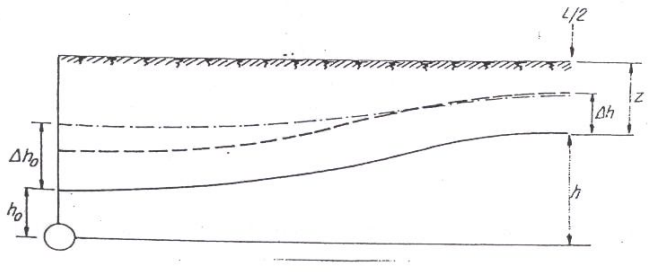



Fig.5.14. Influenţa rezistenţei de intrare asupra nivelului freatic

Tabelul nr.5.7.

Rezistenţa de intrare şi sarcina hidraulică suplimentară la tuburi cu şi fără filtru

| Conductivitatea hidraulică | Rezistenţa de intrare | | Sarcina suplimentară,cm | |
|---|---|---|---|---|
| | fără filtru | cu filtru | fără filtru | cu filtru |
| 0,5 | 1,80 | 0,18 | 25 | 2,5 |
| | 0,75 | 0,14 | 11 | 2,0 |
| 0,2 | 1,00 | 0,18 | 63 | 6,3 |
| | 0,75 | 0,14 | 26 | 4,9 |

Efectul rezistenţei de intrare constă în micşorarea normei de desecare la ½ distanţei dintre drenuri, cu o valoare Δ h, mai mică decît Δ $h_0$ care se înregistrează pe verticala drenului.

### 5.3.2.2. Adâncimea de pozare a drenurilor orizontale

Elementele tehnice principale ale drenajului subteran: adîncimea de pozare şi distanţa dintre drenuri sunt strîns legate între ele, împreună determinând realizarea normei de drenaj cerută de culturile agricole.

Aceeaşi normă de desecare, Z, se poate asigura prin drenuri amplasate la adâncime mică dar şi la distanţă mică, sau la adâncime mai mare dar şi la distanţă mai mare, (fig.5.15).

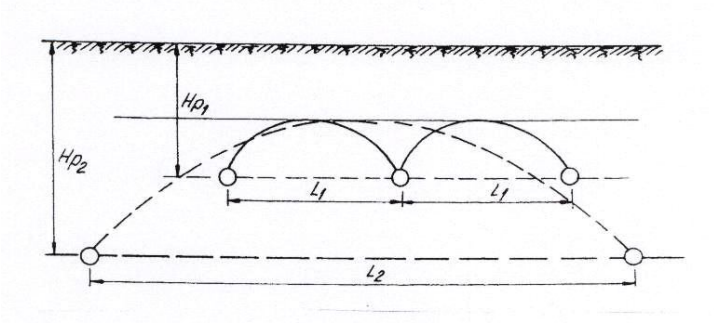



Fig.5.15. Corelaţia dintre adâncimea de pozare şi distanţa dintre drenuri

În primul caz, consumul de tuburi este mai mare, cotele de descărcare mai puţin adânci, colectarea apei în drenuri se face mai uşor.

Drenurile trebuie pozate la o adâncime care să îndeplinească următoarele condiţii:

1) - să asigure realizarea normei de drenaj, Z, (fig.5.16).

$$H_p = \frac{Z + h}{1 - \beta} \quad (m)$$

în care: - Z = norma de drenaj, m
- h = sarcina hidraulică la ½ distanţei dintre drenuri, m
- β = coeficient de tasare, care în funcţie de tipul de sol prezintă următoarele valori:
  β = 0,10 – 0,15 – sol argilos
  β = 0,05 – 0,10 – sol luto-nisipos
  β < 0,05 – sol nisipos

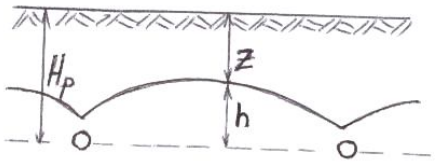



Fig.5.16. Elementele care determină adâncimea de pozare a drenurilor

2) - să asigure protecţia drenului la îngheţ
$H_p = 0,9 \ldots.1,1 + D_{ext}$ (m)

în care: $D_{ext}$ - diametrul exterior al tubului, m

3) să corespundă adâncimii maxime de lucru a utilajului:
$H_p \leq H_{utilaj}$

În zone aride, pe terenuri cu pericol potenţial de salinizare, Hp rezultă din:

$$H_p = h_{cr} + h \quad (m)$$

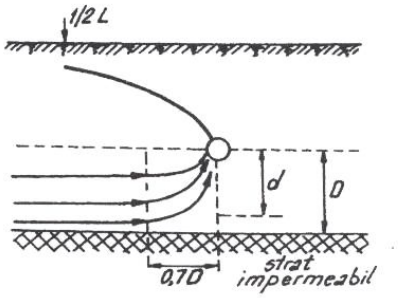
în care: $h_{cr}$ - adâncimea critică a apei freatice.

Se alege valoarea care satisface toate aceste criterii.

### 5.3.2.3. Calculul distanţei dintre drenuri – regim de curgere permanent

**Ipoteza lui Hooghoudt privind calculul distanţei dintre drenuri**

Hooghoudt a considerat că scurgerea apei prin sol spre drenuri se desfăşoară bidimensional: orizontal şi radial (fig.5.17).




Scurgerea se produce la o distanţă dintre planul drenurilor şi stratul impermeabil. În zona din apropierea drenurilor, densitatea liniilor de curent creşte, ceea ce determină creşterea rezistenţei care se opune scurgerii apei spre dren.

Fig.5.17. Scurgerea apei spre dren în ipoteza lui Hooghoudt

Evidenţierea acestei rezistenţe suplimentare, numită rezistenţă radială, se face prin introducerea noţiunii de adâncime echivalentă (d) care reprezintă o valoare mai mică decât D.

Adâncimea echivalentă se poate determina grafic sau analitic folosind relaţiile:

$$d = \frac{D}{\frac{8D}{\pi L}\ln\frac{D}{u}+1} \quad (m)$$

$$d = \frac{L}{8F} \quad , \quad F = f_h + f_r$$

$$f_h = \frac{(L-1{,}4D)^2}{8DL}$$

$$f_r = \frac{1}{\pi}\ln\frac{0{,}7D}{r}$$

în care: D – distanţa de la planul drenurilor la stratul impermeabil, m;
L – distanţa dintre drenuri, m;
u – perimetrul muiat al drenului, m
F – factorul scurgerii; $f_h$ – orizontale, $f_r$ – radiale;
r – raza drenului, m

Considerând că scurgerea apei prin sol, spre drenuri se desfăşoară orizontal, distanţa dintre drenuri se poate calcula după Donnan (fig.5.18) cu relaţia:

$$q = \frac{4K(H^2 - D^2)}{L^2} \quad (m/zi)$$

în care: q – debitul pe unitatea de suprafaţă, m/zi
K – conductivitatea hidraulică, m/zi
H – înălţimea apei freatice faţă de stratul impermeabil, măsurată la jumătatea distanţei dintre drenuri, m
D – grosimea acviferului sub planul drenurilor, m
L – distanţa dintre drenuri, m

Se poate scrie:

$$q = \frac{4K(H-D)(H+D)}{L^2}$$

dar H = h+D, (H-D)(H+D) = (h+DD)(h+D+D) = h(h+2D), şi deci,

$$q = \frac{4Kh(h+2D)}{L^2} = \frac{8KDh + 4Kh^2}{L^2} \quad (m/zi)$$

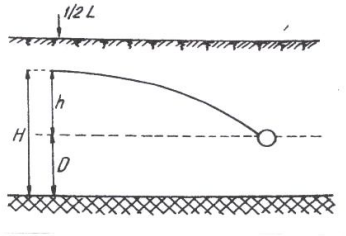



Fig.5.18. Elemente de calcul a distanţei dintre drenuri după Donnan

Hooghoudt împarte debitul în: debit orizontal şi debit radial. Dacă debitul orizontal din zona situată deasupra drenurilor se neglijează, situaţia debitului pentru soluri omogene va fi:

$$h = \frac{qL}{K} Q_H \qquad \text{şi} \quad Q_H = \frac{\left(L - D\sqrt{2}\right)^2}{8DL} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{D}{r\sqrt{2}} + f(D,L)$$

în care : r – raza drenului, m

f(D,L) – funcţie cu valoare mică, putând fi neglijată.

Primul termen al ecuaţiei exprimă debitul orizontal, iar termenul al doilea, debitul radial.

Dacă se consideră că primul termen al ecuaţiei Donnan dă debitul orizontal şi al doilea debitul radial, se va scrie:

$$Q_H = Q_h + Q_r$$

şi cum $h = \frac{qL}{K} Q_H$, se poate scrie: $h = \frac{qL}{K} Q_H + \frac{qL}{K} Q_r = h_h + h_r$

Aceasta arată că sarcina hidraulică totală este suma sarcinilor hidraulice care generează debitul orizontal şi respectiv, debitul radial.

Dacă în ecuaţia:

$$q = \frac{8KDh + 4Kh^2}{L^2} \qquad (m/zi)$$

Se înlocuieşte D cu adâncimea echivalentă, d, propusă de Hooghoudt, se obţine:

$$q = \frac{8Kdh + 4Kh^2}{L^2} \qquad (m/zi)$$

cunoscută sub numele de ***ecuaţia lui Hooghoudt.***

Când D = 0, adică drenurile sunt aşezate pe stratul impermeabil, distanţa dintre drenuri se poate scrie:

$$q = \frac{4Kh^2}{L^2} \quad sau \qquad L^2 = \frac{4Kh^2}{q}$$

Această ecuaţie reprezintă debitul orizontal produs în stratul superior planului drenurilor şi se mai numeşte şi ecuaţia lui Rothe.

Valoarea termenului „D” este de obicei mult mai mare decât a lui „h”, şi de aceea, în unele cazuri al doilea termen se poate neglija, obţinînd:

$$q = \frac{8Kh^2}{L^2}$$

ecuaţie care reprezintă debitul orizontal produs în stratul situat sub planul drenurilor.

Din aceste considerente, rezultă că debitul de evacuat rezultă ca o însumare a celor debite parţiale din zona superioară planului drenurilor ($q_1$) şi de sub aceasta ($q_2$).

$$q = q_1 + q_2 \frac{4Kh^2}{L^2} + \frac{8Kdh}{L^2} \quad (m/zi)$$

***Cazuri particulare de calcul a distanţei dintre drenuri în ipoteza lui Hooghoudt:***

a. Drenuri amplasate pe stratul impermeabil, într-un profil omogen (fig.5.19. a):

$$L^2 = \frac{4Kh^h}{q} \quad \text{(m)}$$

b. Drenuri amplasate la limita dintre straturi, în profil stratificat (fig.5.19. b):

$$L^2 = \frac{8K_2dh + 4K_1h_2}{q} \text{ (m)}$$

Dacă $K_2 \geq K_1$, al doilea termen are o valoare mică şi se poate neglija:

$$L^2 = \frac{8K_2dh}{q} \quad \text{(m)}$$

c. Drenuri amplasate în stratul inferior, într-un profil startificat (fig.5.19. c.):

$$L^2 = \frac{8K_2dh + 4K_2h_2}{q} \text{ (m)}$$

Dacă drenurile sunt amplasate într-un profil stratificat, deasupra limitei dintre straturi nu se mai poate aplica ipoteza lui Hooghoudt, fiind recomandabile alte relaţii de calcul.

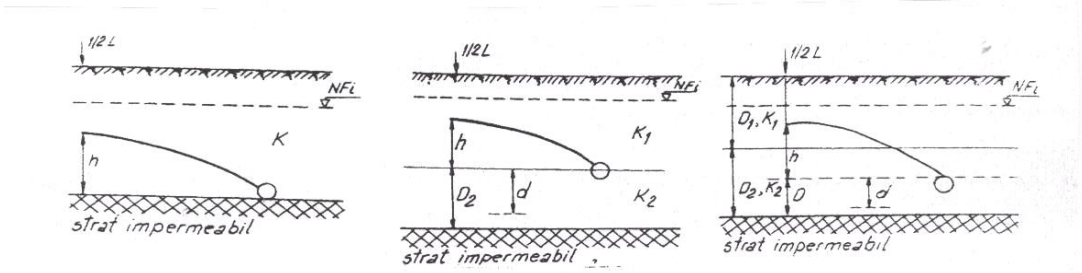



Fig.5.19. Cazuri particulare ale formulei lui Hooghoudt
a. profil omogen b. Drenuri la limita dintre straturi c. Drenuri în stratul inferior

### 5.3.2.4. Stabilirea distanţei dintre drenuri pe cale experimentală

Distanţa dintre elementele de regularizare a excesului de apă datorat pînzei freatice, determinată analitic sau grafic e necesar să fie verificată experimental. Cu această ocazie se determină atît adâncimea cât şi distanţa dintre drenuri. Metoda de determinare pe cale experimentală a distanţei dintre drenuri, constă în executarea unui canal în palier (tranşee lung de circa 30 m, cu lăţimea la fund de 0,5 – 1,0 m , adâncimea 2,0 – 3,0 m (0,5 – 1,0 m sub nivelul freatic) şi taluzuri 1/1,5 – ½, (fig.5.20).

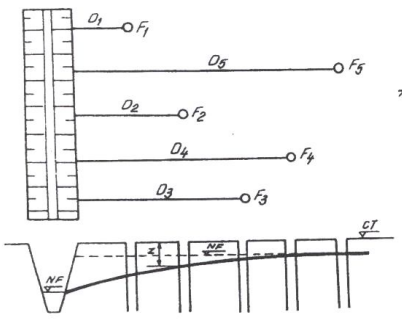



Fig.5.20. Determinarea distanţei dintre drenuri pe cale experimentală:
a. vedere în plan a canalului experimental şi a puţurilor de observaţie
b. zona de influenţă a canalului
c. secţiunea transversală

De o parte şi de alta a tranşeei se execută puţuri de observaţie a nivelului apei freatice, amplasate perpendicular pe lungimea canalului, la distanţe variabile, pe o distanţă de 20 – 200 m, după valoarea rezultată din calcul.

În canalul experimental se va colecta apa freatică din zona limitrofă, ceea ce determină reducerea nivelului freatic din sol. Dacă nivelul apei în canal se menţine constant (0,2 – 0,3 m) şi se măsoară variaţia zilnică a nivelului hidrostatic în puţurile de observaţie (30-45 zile) se poate stabili curba de depresiune a apei freatice, din zona de influenţă a canalului. Distanţa dintre drenuri va fi egală cu dublul distanţei dintre canalul experimental şi cel mai îndepărtat puţ în care se realizează adâncimea de drenaj cerută.

Orientativ, distanţa dintre drenuri, se poate stabili după textura terenului, pe baza datelor prezentate în tabelul nr.5.8.

Tabel nr.5.8.

Distanţa dintre drenuri pe terenuri cu pante sub 3%

| Textura terenului | Distanţa dintre drenuri (m) |
|---|---|
| Argilă foarte compactă | 12 |
| Argilă compactă | 12 – 14 |
| Argilă lutoasă | 14 – 16 |
| Argilă-nisipoasă | 16 – 20 |
| Nisipoasă, cu puţină argilă | 20 – 24 |
| Nisipoasă | 25 – 30 |

Pe terenuri cu panta mai mare de 3%, distanţele de mai sus se măresc cu 20%.

În Franţa, distanţele medii între drenurile amplasate la adîncimea de 1 m sunt:

8 – 12 m pe soluri grele
12 – 16 m pe soluri medii
16 – 20 m pe soluri uşoare

În Anglia pe terenuri de coastă plantele cu viţă de vie şi pomi se recomandă următoarele distanţe între drenuri:

18 – 24 m pe nisipuri, adâncimea drenurilor 1,22 – 1,83 m;
12 – 24 m pe luturi, adâncimea drenurilor 0,91 – 1,73 m;
12 – 18 m pe luturi argiloase, adâncimea drenurilor 0,61 – 1,22 m.

În SUA, după permeabilitatea solului se recomandă următoarele distanţe dintre drenuri:

- permeabilitate mică: 10 – 23 m
- permeabilitate mijlocie: 20 – 33 m

### 5.3.2.5. Reţele de drenuri subterane orizontale

Un sistem de drenaj este un ansamblu de lucrări care colectează direct excesul de apă din sol şi de la suprafaţa lui şi prin interermediul unor elemente de ordin superior îl evacuează de pe suprafaţa amenajată. În cursul acestui proces (de drenare a terenului) deseori nu e posibilă o distincţie clară între drenajul de suprafaţă şi cel de adâncime, cele două tehnici putându-se suplini în anumite condiţii.

Un sistem de drenaj subteran este format din următoarele elemente:

- drenuri subterane adsorbante
- drenuri subterane colectoare
- canale de drenaj

**Tipuri de reţele de drenuri tubulare subterane**

Reţelele de drenuri subterane care alcătuiesc sisteme de drenaj se pot clasifica după mai multe criterii:

a. După gradul de complexitate al reţelei, deosebim scheme simple (fig.5.21) care constau în drenuri absorbante care se descarcă direct în canale, se realizează o schemă compusă. În funcţie de unghiul de racordare a drenurilor absorbante cu drenul colector schema compusă prezintă două variante: rectangulară şi „brăduţ” (herring bonne).

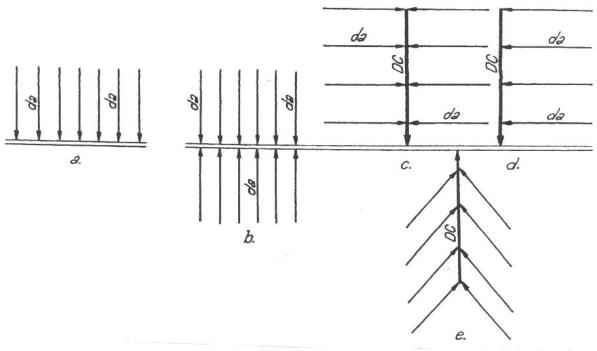


Fig.5.21. Reţele de drenuri subterane după complexitatea reţelei
a. simplă, unilaterală
b. simplă, bilaterală
c. compusă, bilaterală
d. compusă, unilaterală
e. herring bonne („brăduţ”)

b. După geometria reţelei, (fig.5.22), deosebim scheme geometrice care se practică pe terenuri cu exces de umiditate prezent pe suprafeţe întinse şi se caracterizează prin elemente paralele şi echidistante. Dacă excesul de umiditate se manifestă pe suprafeţe mici, răspândite neregulat pe teren atunci se practică reţele nesistematice.

c. După tipul constructiv al elementelor componente, reţelele de drenuri pot fi alcătuite din elemente de o singură categorie, dar de obicei sunt formate din cel puţin două categorii: conducte îngropate şi canale. După acest criteriu deosebim:

- drenuri sub formă de canale care pot fi mai deschise sau cu secţiune umplută cu material filtrant grosier;
- drenuri sub formă de conducte care pot avea pereţii netezi sau ondulaţi.

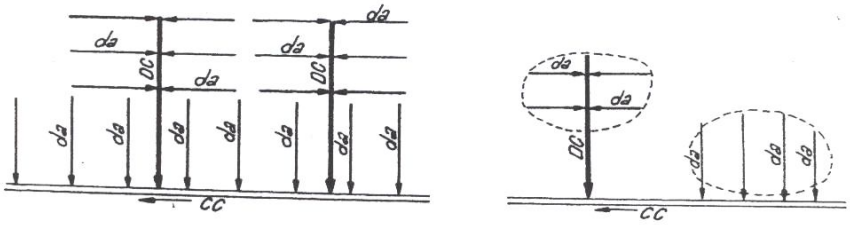


Fig.5.22. Reţele de drenuri subterane după geometria schemei
a. sistematice; b. nesistematice

d. După modul de amplasare a drenurilor absorbante faţă de panta terenului deosebim următoarele scheme de amplasare a drenurilor (fig.5.23);

- schema longitudinală, când drenurile absorbante se trasează pe direcţia pantei maxime, ceea ce se recomandă pe terenuri cu panta mai mică de 3‰.
- schema transversală, folosită pe terenuri cu panta mai mare de 3‰ şi care constă în amplasarea drenurilor absorbante pe direcţia curbelor de nivel, deci perpendicular pe linia pantei maxime a terenului.
- schema mixtă, în care drenurile absorbante fac un unghi de 30-60$^0$ faţă de curbele de nivel.

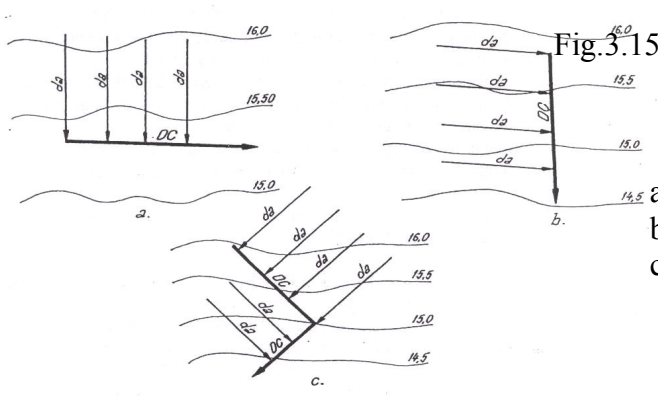


Fig.3.15. Scheme de drenuri subterane după poziţia drenurilor absorbante faţă de panta terenului:
a. schema longitudinală;
b. schema transversală;
c. schema mixtă

Cea mai eficace schemă – hidraulic şi economic – este schema transversală, în care drenurile colectoare evacuează apa rapid, fiind amplasate pe direcţia pantei maxime a terenului. În acelaşi timp drenurile absorbante îşi manifestă acţiunea pe o distanţă mai mare şi deci colectează apă dintr-un volum mai mare de sol. Ca urmare distanţa dintre drenurile absorbante este mai mare iar consumul de tuburi se reduce.

Schema transversală are însă dezavantajul că drenurile absorbante au pantă mică, uneori impusă prin construcţie ceea ce crează condiţii favorabile pentru obturarea secţiunii de scurgere prin colmatare.

În practică condiţiile topografice impun de obicei folosirea schemei mixte care elimină dezavantajul menţionat mai sus, urmărind ca drenurile absorbante să fie perpendiculare pe direcţia de curgere a apei freatice.

### 5.3.2.6. Dimensionarea hidraulică a drenurilor tubulare subterane

Ecuaţiile scurgerii folosite pentru dimensionarea hidraulică a drenurilor tubulare subterane au la bază următoarele două concepte:

- debit uniform, constant pe întreaga lungime a drenului, corespunzător debitului colectat de pe întreaga suprafaţă deservită (Q = qS) şi care se produce de fapt numai în punctul de descărcare a drenului; Acest concept este folosit de obicei în practica internaţională.
- debit neuniform sau variabil, considerînd că debitul unui dren creşte cu lungimea acestuia, din amonte spre aval, unde atinge valoarea maximă. Acest concept este folosit în Olanda.

Dimensionarea hidraulică a drenurilor trebuie să precizeze:

- diametrul drenului, cunoscînd lungimea, panta, distanţa dintre drenuri şi debitul specific;
- suprafaţa care poate fi drenată de un dren cu un diametru dat, cunoscând panta şi debitul specific.

**Dimensionarea drenurilor în condiţiile debitului uniform**

Ecuaţia lui Darcy-Weisbach cuprinde elementele necesare pentru dimensionarea conductelor care funcţionează cu secţiunea plină:

$$i = \frac{Z}{x} = \frac{\lambda}{d}\frac{v^2}{2g}$$

în care: Z – pierderi de sarcină hidraulică, m
x – lungimea conductei, m
d – diametrul interior, m
v - viteza apei, m/s
g – acceleraţia gravitaţiei, m/s$^2$
λ – factor de rezistenţă dependent de tipul de curgere, (laminar sau turbulent) şi de rugozitatea pereţilor conductei. Se determină experimental.

**Pentru conducte netede (**ceramică, material plastic neted**):**

$$\lambda = aR_e^{-0,25} \quad \text{iar} \quad R_e = \frac{V_d}{\upsilon}$$

în care: υ- vîscozitatea cinematică (υ= 1,31 ◁10$^{-6}$ m$^2$/s la t=10$^0$ C)
a – 0,40 pentru conducte fără depuneri (curate)

În cazul conductelor care funcţionează cu secţiune plină:

$$Q = \frac{\pi}{4} v\, d^2$$

Substituind această expresie în ecuaţia Darcy-Weisbach:

$$i = \frac{Z}{x} = 26{,}3 \cdot 10^{-4} \cdot a \cdot Q^{1{,}75} \cdot d^{-4{,}75} \text{ sau}$$

$$Q = 30\ a^{-0{,}57}\ d^{2{,}71}\ i^{0{,}57}$$

**Pentru conducte cu pereţi ondulaţi**, în cazul cărora nu există o relaţie lineară între $\lambda$ şi $R_e$, se poate folosi formula lui Manning:

$$V = K_m R^{2/3}\ i^{1/2}$$

în care: $K_m = 70$ ($K_m = 1/n$, n – coeficient de rugozitate după Manning),

R = raza hidraulică, (R = ¼ d)

Scriind această ecuaţie după forma relaţiei Q pentru conducte cu pereţi netezi, se obţine:

$$Q = 0{,}312\ K_m\ d^{2{,}67}\ i^{0{,}50}$$

care într-o formă mai generală poate fi scrisă:

$$Q = c^{-1/\beta}\ d^{\alpha/\beta}\ i^{1/\beta}$$

Valorile exponenţilor α şi β:

| Tipul de conductă | α | β |
|---|---|---|
| Cu pereţi netezi | 4,75 | 1,75 |
| Cu pereţi ondulaţi | 5,33 | 2,00 |

**Recomandări privind dimensionarea drenurilor tubulare**

***Panta drenurilor*** se stabileşte astfel încât să se asigure viteza minimă a apei care se scurge prin dren. Valoarea pantei, care va urmări – în general – panta medie a terenului, se poate preciza din tabelul nr.5.9.

Tabel nr.5.9

Panta drenurilor tubulare

| Diametrul drenului (mm) | Panta, ‰ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | minimă | | maximă | | |
| | Terenuri cu pericol de colmatare | Terenuri fără pericol de colmtare | Lut-nisipos | lut-mîl | argilă tare |
| 75 | 4 | - | 40 | 50 | 85 |
| 100 | 3 | 1 | 17 | 30 | 57 |
| 150 | 2 | 0,5 | 10 | 20 | 40 |

Pantele mai mari de 20‰ nu sunt recomandabile. Se pot totuşi folosi dacă se aplică măsuri speciale de execuţie cum ar fi îmbinări etanşe sau consolidate între tuburi, etc. Pe terenurile plane se pot adopta şi pante de 1‰ cu condiţia să se aplice măsuri pentru prevenirea colmatării.

***Viteza de curgere a apei prin dren***. Viteza minimă de curgere a apei prin drenurile pozate pe terenuri care nu reprezintă pericol de colmatare este de 0,30 m/s pe soluri nisipoase şi de 0,20 m/s pe soluri argiloase sau mîloase. Pe terenuri cu pericol de colmatare viteza minimă este de 0,45 m/s.

Se recomandă ca viteza optimă a apei în dren să fie de 0,8 m/s.

Viteza maximă nu trebuie să depăşească 1,2 m/s pe solurile argiloase, 1,1 m/s pe solurile lutoase şi nisipoase, 1,5 m/s pentru drenuri cu lungimi sub 100 m.

În cazul unor viteze mai mari decât valoarea maximă admisibilă trebuie luate măsuri de protecţie: ecrane în lungul drenului, etanşare prin cimentare a extremităţilor conductelor, prevederea unui înveliş filtrant în jurul drenului.

***Lungimea drenurilor***. Drenul absorbant poate avea lungimi de maxim 200 – 250 m, în funcţie de panta terenului. Drenurile colectoare pot avea lungimi de pînă la 800 – 1000 m, prevăzându-se cămine de vizită la distanţe de 200 – 250 m sau în punctele de schimbare a traseului în plan.

***Diametrul drenurilor***. Drenurile absorbante au diametre de 50-110 mm şi rezultă din dimensionare, valoarea obţinută fiind corectată – dacă e cazul – în funcţie de pericolul de colmatare. Faţă de valoarea calculată se alege ca diametru real, valoarea cea mai apropiată a diametrului produs de fabricant. În condiţii favorabile de colmatare, diametrul minim a drenurilor absorbante este de 70 mm la tuburi de ceramică şi 80 mm la tuburi de mase plastice.

Drenurile colectoare au diametre de 100 – 800 mm.

### 5.3.2.7. Materiale utilizate în drenajul subteran

Drenajul subteran se amenajează folosind tuburi confecţionate din materiale diferite, piese de îmbinare şi materiale filtrante. Dintre materialele puse la dispoziţie de fabricant, proiectantul trebuie să le utilizeze pe cele care au cea mai bună fiabilitate în condiţiile în care vor funcţiona.

**Tuburi pentru drenajul subteran orizontal**

Tuburile pentru drenuri trebuie să asigure o durată de folosinţă cît mai mare, să nu fie deformabile, să împiedice formarea unor depuneri în interiorul lor, etc...

Se pot folosi o varietate de conducte cu diferite tipuri de deschideri prin care să poată pătrunde apa în exces din sol. Conductele sunt confecţionate uzual din argilă, beton, mase plastice dar şi din alte materiale care pot funcţiona în sol un timp îndelungat fără să se deterioreze rapid.

***Tuburile din ceramică.*** Se obţin prin arderea pastei de argilă la circa 900 $^0$C pentru a obţine materiale hidrostabile. Au diamentrul interior de 50 – 250 mm. Pînă la diametrul de 150 mm au lungimea de 33 cm iar la diametre mai mari, 80 cm. Forma secţiunii transversale este circulară, circulară cu o talpă, exagonală sau ortogonală. Uneori, longitudinal, tuburile prezintă mici şanţuri, eventual şi perforaţii, pentru favorizarea pătrunderii apei în interior.

Caracteristicile constructive ale tuburilor de ceramică, pentru drenaj, produse în ţara noastră sunt prezentate în tabelul nr.5.10.

Tabel nr.5.10

Caracteristicile constructive ale tuburilor de ceramică pentru drenaj (STAS 1962/1974)

| Diametrul interior, mm | 50±2 | 70±3 | 80±3 | 100±3 | 125±4 | 150±4 | 200±5 | 250±6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Grosimea peretelui, mm | 8-12 | 9-14 | 10-16 | 11-18 | 12-20 | 14-23 | 16-26 | 18-30 |
| Lungime tub, mm | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,80 | 0,80 |
| Greutate, Kg/m | 3,81 | 6,72 | - | 12,93 | - | 27,30 | 45,60 | - |

Tuburile de ceramică trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

- variaţia grosimii peretelui la acelaşi tub să nu depăşească 1 mm la grosimi ale peretelui de pînă la 16 mm, 2 mm la tuburi cu grosimea peretelui de 17-26 mm, şi 3 mm la grosimi mai mari;
- curbură maximă admisă pe lungimea unui tub: 5 mm;
- extremităţile tubului să fie perpendiculare pe axul tubului pentru asigurarea unor spaţii între tuburi de circa 3 mm;
- extremităţile tubului să fie fără defecte; se admit ştirbituri dacă acestea nu străbat mai mult de ½ din grosimea peretelui;

- peretele tubului trebuie să fie compact, fără pori vizibili sau fisuri care să străbată întreg peretele, cu maxim 2 grăunţi de carbonat de calciu;
- tuburile trebuie să reziste la încovoiere la o forţă de 3000 – 5000 daN/cm$^2$.

***Tuburile din beton.*** Se pot folosi numai dacă terenul în care se pozează nu prezintă agresivitate pentru beton (conţinut mare de acizi humici, sulfaţi, $CO_2$, etc). Se pot obţine tuburi de beton rezistente la coroziunea apelor cu un conţinut ridicat de săruri prin presarea succesivă a unui amestec dens de ciment portland, marca 400 – 500 şi nisip (ciment/nisip = 1/3; apă/cimet = 3/10).

Caracteristicile constructive ale tuburilor de beton pentru drenaj sunt prezentate în tabelul nr.5.11.

Tabel nr.5.11.

Caracteristicile tuburilor din beton pentru drenaj

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Diametrul (mm) | interior | 150 | 200 | 250 | 300 | 400 |
| | exterior | 198 | 252 | 310 | 372 | 484 |
| Lungime | tub,m | 1,0 | | | | |
| Greutate, | kg/m | 32 | 45 | 64 | 92 | 141 |

***Tuburi de mase plastice***. Avantajele tuburilor din mase plastice pentru drenaj sunt: greutate specifică mică ceea ce determină cheltuieli mici de transport şi manipulare; rezistenţă mare la acţiunea chimică a apelor puternic mineralizate; posibilitatea tehnologică de pozare cu mare productivitate, inclusiv de folosire la pozare cu maşini care nu sapă tranşee, etc.

La confecţionarea tuburilor se foloseşte policlorură de vinilin sau polietilenă de înaltă densitate şi joasă presiune. Se livrează sub formă de ţevi cu lungimi de 4-6 m sau în colaci de 45-200 m.

Din punct de vedere constructiv, tuburile de drenaj se prezintă sub două forme: rigide, cu pereţi netezi şi flexibile, cu pereţi ondulaţi. Acestea din urmă se pot livra sub formă de colaci cu lungimi de pînă la 200 m.

Pătrunderea apei în tuburi se face prin intermediul unor perforaţii (fante sau orificii) a căror suprafaţă trebuie să fie de 10-34 cm$^2$/m. Se preferă fante dreptunghiulare, dispuse pe 4 – 8 generatoare.

Tuburile cu peretele neted au caracteristicile tehnice prezentate în tabelul nr.5.12, iar pentru tuburile riflate, în tabelul nr.5.13.

Tabel nr.5.12.

Tuburi din mase plastice cu perete neted (DIN 1187)

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Diametrul (mm) | exterior | 50 | 63 | 75 | 90 | 110 | 125 | 140 | 160 |
| | interior | 48 | 60 | 72 | 86 | 106 | 121 | 135 | 155 |
| Lungime | tub,m | 0,216 | 0,353 | 0,485 | 0,70 | 0,904 | 1,08 | 1,400 | 1,750 |
| Greutate | kg/m | 75 | 90 | 105 | 115 | 120 | 125 | 125 | 125 |

Tabel nr.5.13.

Tuburi din polietilenă de înaltă densitate folosite în drenaj

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Diametrul (mm) | exterior | 50 | 65 | 80 |
| | interior | 44 | 59 | 73 |
| Grosimea peretelui, mm | | 0,5-0,2 | 0,6-0,2 | 0,7-0,2 |
| Înălţimea spirei, mm | | 3 | 3 | 3,5 |
| Pasul spirei, mm | | 5,5-6,0 | 5,5-6,0 | 7,5-9,0 |
| Număr de fante, buc/m | | 500 | 500 | 500 |
| Lăţimea fantelor, mm | | 0,7-102 | 0,7-1,2 | 0,7-102 |
| Lungimea fantelor, mm | | | 4-5 | |
| Număr generatoare cu fante | | | 6 | |
| Greutate, kg/m | | 0,140 | 0,220 | 0,280 |

Tuburile din mase plastice ondulate determină un număr mic de îmbinări pe traseul unui dren.

Rugozitatea mare datorată ondulaţiilor micşorează viteza de scurgere a apei şi favorizează colmatarea.

### 5.3.2.8. Filtre pentru drenuri

Filtru se poate defini ca o masă poroasă prin care poate trece apa, separându-se de suspensiile din ea. Filtrele drenurilor îndeplinesc următoarele roluri:

- rol filtrant, reflectat prin optirea particulelor de sol cu dimensiuni mici (0,05 – 0,15 mm) care dacă pătrund în dren, produc colmatarea acestuia; Particulele fine (< 0,05 mm)care pot fi transportate de apa din dren trebuie să treacă prin filtru, prevenindu-se astfel colmatarea filtrului;
- rol hidraulic, materializat prin micşorarea rezistenţei de intrare a apei în dren; rol mecanic, să preia o parte din presiunea pământului cu care se acoperă drenul, protejîndu-l împotriva deformării.

Materialele filtrante-granulare, organice sau sintetice-îndeplinesc diferit aceste roluri.

**Necesitatea filtrelor la drenuri**

Uneori, drenurile orizontale tubulare nu sunt prevăzute cu filtre. Acest lucru e posibil în cazul pământurilor coezive cu peste 15 – 20 % materie organică sau pământuri coezive cu peste 25% argilă, cu coeficienţi de neuniformitate u > 5-10, indici de plasticitate Ip>6 -12, conductivitate hidraulică K >1,5 – 1,0 m/zi şi structură stabilă.

Prezenţa filtrelor la drenuri este obligatorie pe pământuri necoezive sau slab coezive cu conductivitate hidraulică K<0,5 – 1,0 m/zi, cu mai puţin de 25% argilă, u<5-10, Ip< 6-12, raportul argilă-coloidală/praf > 0,5, raportul d 85 sol/mărimea orificiilor de pătrundere a apei în tub (a) > 0,6. De asemenea, se prevăd filtre pe terenuri coezive cu K = 0,2 – 0,5 m/zi.

**Criterii pentru alegerea materialelor filtrante**

Deoarece fiecare material filtrant are anumite calităţi proprii, în funcţie de condiţiile în care vor funcţiona drenurile trebuie ales tipul de filtru, prin anlaliza lui după anumite criterii.

***Criteriul pedologic.*** Solul influenţează alegerea materialului filtrant prin: tipul genetic; textură, reflectată prin granulometrie; stabilitatea asigurată de forţele de coeziune etc...

Tipul genetic de sol se reflectă prin caracteristicile fizice – mecanice ale mediului în care vor funcţiona drenurile. Pe solurile care la adâncimea de pozare prezintă un orizont greu, argilos, trebuie folosite filtre cu funcţia hidraulică dominantă, cu o permeabilitate de 4-10 ori mai mare decît a solului. În orizonturi nisipoase materialul folosit trebuie să aibe funcţia de filtrare dominantă iar pentru materiale lutoase, filtre cu funcţie hidraulică şi de filtrare dominantă.

Pe soluri cu stabilitate scăzută, trebuie folosite materiale cu funcţia de filtrare dominantă iar pentru cele cu stabilitate mare, materialele cu funcţia hidraulică dominantă.

După ***compoziţia granulometrică*** a solului se aleg materialele filtrante granulare, utilizând curba granulometrică a solului.

Prima relaţie de stabilire a compoziţiei granulometrice a filtrului în funcţie de compoziţia granulometrică a solului a fost stabilită de Terzaghi (1921), apreciind că particulele de sol sunt reţinute de filtru dacă acesta îndeplineşte condiţia:

$$D\,15\ F \leq 4\ D\,85\ S$$

în care: D 15 F – diametrul particulelor (mm) din materialul filtrant care reprezintă 15% din totalul particulelor reprezentat pe curba granulometrică;

D 85 S - diametrul particulelor de sol la procentajul de 85% de pe curba granulometrică.

Cunoscând valoarea termenilor din criteriile de alegere a materialelor filtrante se întocmeşte curba granulometrică a materialului filtrant:

- din curba granulometrică a solului se determină valorile „D" pentru sol (D15, D50, D85);
- se determină valoarea (valorile minime şi maxime) ale DF pe diagrama curbei granulometrice a solului se marchează punctele respective şi se trasează curba granulometrică a filtrului care trebuie să fie aproximativ paralelă cu cea a solului:

***Hidrologia.*** Dacă drenul se acoperă cu material pământos rezultat din evacuarea tranşeei, permeabilitatea acestuia e mai mare decât a pământului respectiv în aşezare naturală. Chiar în aceste condiţii, de obicei, apare rezistenţa suplimentară la pătrunderea apei în dren, ceea ce impune utilizarea unor materiale mai permeabile care să învelească drenul.

Pentru învelişuri **granulare cu rol drenant** trebuie respectată condiţia:

$K_{filtru} \geq 5\text{-}20\ K_{pământ}$

Iar proprietăţile fizico-mecanice să fie stabilite în raport cu apa freatică cu reacţie acidă sau alcalină precum şi la variaţii de temperatură. Diametrul maxim al particulelor să nu depăşească 12-25 mm.

Pentru **învelişuri din geotextile** cu rol filtrant:

$K_{filtru} \geq 2\ K_{pământ}$

Iar diametrul porilor învelişului de 50% pe curba porilor să fie mai mare decât d 15 pământ, iar cel corespunzător la 90% să fie mai mic decât 1,8 d 90 sol.

Pentru **învelişuri din materiale organice** cu rol de drenare; să aibă conţinut ridicat de lignină, să fie de bună calitate.

***Hidrogeologia***. În zonele umede şi subumede cu nivel freatic permanent se pot utiliza toate cele trei tipuri de materiale filtrante. Dacă nivelul freatic este sezonier, nu se pot utiliza materialele organice care se descompun la alternanţa umezeală – uscăciune.

În zonele aride, dacă nivelul freatic este permanent se pot folosi materiale granulare sau sintetice. Dacă nivelul freatic este sezonier nu se recomandă folosirea materialelor organice.

Filtrele sintetice nu se recomandă în cazul unor ape freatice bogate în fier feros sau oxid de fier deoarece filtrul se colmatează prin fixarea ionilor de fier. În acest caz se recomandă folosirea materialelor granulare.

***Criteriul hidraulic*** constă în determinarea permeabilităţii iniţiale a filtrului precum şi a permeabilităţii după colmatare (pe cale analitică), fiind posibil calculul coeficientului de eficienţă hidraulică (e) înainte ($e_0$) şi după colmatare ($e_e$):

$$e_0 = \frac{K_{f0}}{Ksol};\ e_e = \frac{K_{fe}}{K_{sol}};\ e = \frac{e_0}{e_e}$$

Dacă: e >>1 efectul filtrului este deosebit de favorabil

e > 1 efectul este favorabil

e = 1 filtrul nu are efect

e < 1 filtrul are efect defavorabil

De asemenea, trebuie calculată pierderea de sarcină la intrarea apei în dren. Dacă aceasata are o valoare mare, se impune creşterea adâncimii de pozare cu însăşi valoarea ei, micşorarea distanţei dintre drenuri sau alegerea altui material filtrant.

***Criteriul tehnologic.*** Dacă drenajul subteran se execută cu maşini de săpat tranşee se pot utiliza toate tipurile de materiale filtrante, după oricare din metodele cunoscute în funcţie de celelalte criterii de alegere.

Dacă drenajul se execută cu maşini care pozează drenul fără săparea tranşeei se utilizează numai filtre care pot fi înfăşurate pe dren, de regulă din geotextile.

**Tipuri de materiale filtrante**

**1) Materiale filtrante granulare** sunt cele mai folosite în practica drenajului, putând fi folosite în toate condiţiile de sol, climă şi hidrogeologice. Sunt însă materiale voluminoase, cu greutate specifică mare ceea ce face să crească costul transportului şi al manipulării.

Printre avantajele acestor materiale se numără:

- producerea lor în diferite sorturi în funcţie de granulometria necesară impusă de compoziţia granulometrică a solului ce va fi drenat;
- durata de exploatare îndelungată, colmatare redusă;
- au cea mai bună conductivitate hidraulică faţă de celelalte materiale filtrante, asigurând o rezistenţă minimă la pătrunderea apei în dren;
- asigură stabilitatea secţiunii tuburilor în şanţul de drenaj;
- permit mecanizarea lucrării de aşezare în şanţ în jurul drenului într-un strat de 5 – 15 cm, iar în cazul drenajului încrucişat (drenaj subteran + drenaj cârtiţă): 30-60 cm deasupra tubului de dren.

*Tipuri de materiale filtrante granulare:*

- **Pietrişul sortat (**3-7 mm**)** are o greutate volumetrică de 1,48 – 1,50 g/cm$^3$, $\xi_i$ = 0,00844 (0,00937).
- **Balastul**. Mărimea maximă a agregatelor nu trebuie să depăşească 25 mm iar cele mai mici ($\varnothing$ = 0,074 mm) să reprezinte circa 5% din cantitatea totală, $G_v$= 1,6 – 1,8 g/cm$^3$, $\xi_i$ =0,533.
- **Nisip grosier**, cu diametrul 0,05 – 0,12 mm, încărcat în SUA a dat cele mai bune rezultate comparativ cu materialele filtrante organice şi sintetice; $G_v$ = 1,37 – 1,65 – 1,85 g/cm$^3$; $\xi_i$ = 0,0133 – 0,0171.
- **Zgură granulată de furnal,** provine din granularea zgurii de furnal înalt prin răcirea bruscă a zgurii lichide sub acţiunea unui curent puternic de apă. Are culoare albicior-gri cenuşiu. De la combinatele siderurgice se pot utiliza şi zgura brută de furnal şi zgura de oţelărie dar după concasare şi sortare; $G_v$= 1,30-1,55 g/cm$^3$-
- **Zgura de termocentrală**, rezultă din ardera cărbunilor în termocentrale, de aceea compoziţia ei diferă cu cărbunii din care provine. Zgura rezultă în amestec cu cenuşă şi apă. Utilizarea ei ca material filtrant, impune captarea uscată, fără cenuşă.

**2) Materiale filtrante organice** se utilizează mai ales pentru amenajări locale.

Principalele lor caracteristici sunt:

- au o greutate volumetrică mică (0,10-0,14 g/cm$^3$) şi o bună permeabilitate;
- în compoziţia lor chimică se găsesc substanţe pectice (22-28%), grăsimi (1,5 – 3,0 %) substanţe extractive neazotate (3-8%) care în contact cu apa favorizează formarea unei substanţe gelatioase cu efecte defavorabile în timp asupra funcţionării drenului;
- prin acoperirea cu pământ, stratul de material organic de deasupra drenului (din jurul său) se tasează, reducându-şi grosimea şi permeabilitatea, favorizând apariţia unor goluri în filtru care poate avea efect chiar turtirea tubului;
- în ape freatice bogate în Fe şi Mn, se colmatează cu compuşi de Fe şi Mn reducându-şi permeabilitatea;
- descompunerea lor este foarte accentuată în condiţii aerobe;

- rezistenţele la intrare sunt mai mari decât la materialel granulare (0,0111 – 0,0296);
- pe timp nefavorabil necesită măsuri speciale de transport şi depozitare; necesită măsuri deosebite PCI.

*Tipuri de materiale filtrante organice:*

- **Paiele** (ovăz, orz, secară, grîu) provin de la recoltarea culturilor respective, când se balotează. Se utilizează înfăşurate pe tubul de dren (1-2 cm grosime) sau în strat de 15 cm peste tub;
- **Pleava de orez,** rezultă de la decorticarea orezului, având un conţinut mare de siliciu ceea ce le conferă calităţi ignifuge. Se poate utiliza în strat gros (15 – 20 cm) peste tubul de dren sau înfăşurat în jurul acestuia cu o grosime de 2,5 – 5,0 cm. Impune execuţia când în tranşeea drenant nu se găseşte apa freatică. Se recomandă la drenarea solurilor grele, folosind tuburi din plastic riflate;
- **Puzderia de cînepă** se utilizează în strat gros (15-20 cm) peste tubul de drenaj sau înfăşurată în jurul acestuia. Suferă de o tasare importantă sub greutatea umpluturii din tranşee drenantă.
- **Turba** se poate utiliza aşezată direct peste tubul de dren sau peste tubul înfăşurat cu o bandă de fibre de sticlă sau textile. Se poate utiliza şi prin înfăşurare pe tuburile de plaste riflate, prinsă între plase de nylon.
- **Tulpini de in** se pot utiliza tocate, zdrobite sau în stare naturală. Au rezistenţă slabă la putrezire de aceea se recomandă în condiţii permanent submerse.
- **Fibre de cocos**, înfăşurate pe tubul de dren sub formă de bandă simplă sau întărită cu fibră de sticlă, nylon, etc., într-un strat cu grosimea de 0,5 – 2,0 cm. Nu se recomandă pe solurile cu conţinut de argilă mai mare de 10%.
- **Rumeguş, crengi de pin, iarbă uscată, coceni de porumb,** utilizate într-un strat gros pentru dren au o comportare satisfăcătoare.

**3) Materiale filtrante sintetice**

Din cauza dificultăţilor de exploatare, transport şi de depozitare a materialelor filtrante naturale sau căutat soluţii pentru înlocuirea lor cu materiale sintetice. Acestea sau realizat sub formă de **produse geotextile** sau ca **deşeuri textile.**

Prin **geotextile** se înţeleg materiale textile utilizate în tehnologia lucrărilor de pământ, confecţionate din fibre, filamente sau fire din materiale omogene sau diverse (polimeri sintetici fiabili), cu proprietăţi filtrante, filtrant-drenante sau de armare-consolidare.

Cele mai utilizate materiale de obicei sunt fibrele de nylon, de poliester, de polietilenă şi de polipropilenă care se pot fila în fire subţiri formând o împîslitură a cărei grosime şi porozitate este controlabilă prin procesul de fabricaţie.

După modul de fabricaţie, geotextilele pot fi:

- **materiale ţesute**, produse prin încrucişarea a două sisteme de fire, într-o anumită ordine.

- **materiale neţesute**, a căror tehnică de fabricaţie presupune realizarea unei împîslituri de fibre (lungi sau scurte, omogene sau neomogene), consolidată prin procedee fizice, mecanice sau lianţi chimici. Aceste materiale au apărut în perioada 1930 – 1940 ca un material hibrid între ţesătură şi hârtie fiind încercate într-un număr larg de domenii (inclusiv confecţii pentru femei).

După „Asociaţia europeană a neţesutelor şi produselor cu folosinţă unică” (EDANA) un material neţesut este un produs constituit dintr-o „saltea” de fibre de natură diversă dispuse orientat (direcţionat) sau întâmplător a căror coeziune e asigurată prin metode fizice, mecanice sau chimice, sau prin combinarea diverselor procedee, excluzând ţesutul, tricotatul sau alte operaţiuni asemănătoare.

În componenţa neţesutelor se poate utiliza toată gama de fibre naturale, artificiale sau sintetice, singure sau în amestec de până la patru tipuri de fibre. Se pot utiliza fibre de sticlă sau fibre minerale.

În îmbunătăţiri funciare se utilizează în principal produsele obţinute prin filare-legare, prezentând, caracteristici deosebite:

- tensiune elastică mare, ceea ce le conferă rezistenţă la presiune şi deformare;
- rezistenţă la frecare, rupere, deşirare atât în stare uscată cât şi umedă;
- rezistenţă chimică; suprafaţa mare de contact a fibrelor fine, cu solul la expunere la reacţii chimice intense, la pH ridicat ca în cazul solurilor cu $Na^+$ sau coborât ca în cazul operaţiunilor de curăţire a depunerilor de Fe şi Mn din tub folosind $SO_2$. Materialele sunt rezistente la putrezire şi insensibile la agenţii chimici în concentraţiile întâlnite de obicei în natură;
- permeabilitate bună, şi capacitate ridicată de filtrare. Combinarea acestor calităţi conferă neţesutelor geotextile proprietăţi esenţiale pentru lucrările de îmbunătăţiri funciare, inclusiv pentru drenajul agricol.

  Din punct de vedere funcţional, geotextilele pot fi:
  - filtrante, asigurând circulaţia apei pe direcţia normală planului lor;
  - filtrant-drenante, permiţînd circulaţia apei atît în planul lor cît şi pe direcţia normală acestuia;
  - de armare-consolidare, când au rezistenţă mecanică mare.

Utilizarea materialelor sintetice ca fitru pentru drenajul agricol a permis, începând din 1979 să se producă drenuri îmbrăcate în filtru, ceea ce permite livrarea din fabrică a ansamblului dren-filtru, reducând astfel cheltuielile de transport, manipulare şi pozare a drenurilor.

Geotextilele se caracterizează prin următoarele caracteristici fizice: diametrul fibrelor, densitatea specifică, dimensiunea şi distribuţia porilor, porozitatea, etc.

*Tipuri de materiale filtrante sintetice:*

- **Terasin şi Netesin** sunt geotextile neţesute fabricate prin coasere, interţesere şi liere, din fibre polipropilenice, poliesterice, polinitril-acrilice, cu diametrul de 20-30 μ, aşezate la întâmplare, obţinute prin defibrarea deşeurilor sintetice. Au masă mică (200-800 g/$m^2$), grosimea de 2-5 mm, permeabilitatea circa 10-2 cm/s, se livrează sub formă de suluri cu lăţimea de 1,8 m şi lungimea de 50-60 m.Pentru impermeabilizarea unor elemente de construcţie, la canale, diguri, etc se produce **Terasin impregnat.** Pentru impregnare se foloseşte liantul Romacril LN 1, (10% în soluţie de apă), care este o substanţă filmogenă din compuşi macromoleculari sub formă de dispersie, solubil în benzen, cetone, esteri, insolubil în medii diluate acide (pH <4,6), alcaline (pH<9,2 ) şi în petrol. Cantitatea de substanţă de impregnare este de 20 – 25% raportată la masa fibroasă.
- **Netesin 300** – 80 % fibre sintetice, maxim 10% fibre naturale.
- **Netesin 550 –** 80 % fibre sintetice din care 20% la prima utilizare, maxim 20% fibre naturale. Coaserea se face cu o legătură dublă cu fire de relon.
- **Terasin 200, 400, 600 –** cu maxim 10% fibre naturale. Se produc la Fabrica de neţesute Rm. Vâlcea.
- **Netezon** (neţesut gazon), **Terazon** fabricate prin coasere (interţesere) din circa 25% fibre sintetice şi 75 % fibre organice. Se folosesc la protecţia taluzurilor, chiar pe pământuri sterile în care caz trebuie aplicată fertilizarea de până la 15 kg NPK/100 $m^2$.
- **Împîslitura din fibră de sticlă** (IFS) are o grosime de 1 – 2 mm, livrată ca suluri cu lăţimea de 1 m armate pe margini cu cîte 3 fibre pentru mărirea rezistenţei la rupere. Se poate folosi prin înfăşurare pe tub, ca saltea (sub tub) şi plapumă (deasupra tubului) sau numai ca plapumă. Se colmatează repede pe soluri cu conţinut ridicat în Fe şi Mn.

**Întrebări:**

1. Precizaţi necesitatea şi oportunitatea lucrărilor de drenaj.
2. Prezentaţi modul în care precipitaţiile şi apa freatică produc exces de umiditate.
3. Precizaţi modul în care se produce exces de apă din irigaţii.
4. Care sunt factorii favorizanţi ai excesului de apă.
5. Definiţi starea de exces de umiditate a solului.
6. Cum se manifestă excesul de umiditate asupra plantelor şi a solului.
7. Care sunt efectele eliminării excesului de apă din sol.
8. Tipuri de scheme pentru drenajul de suprafaţă şi elemente componente.
9. Rolul canalelor colectoare şi principii de trasare.
10. Care este durata admisibilă a excesului de apă pe terenurile agricole.
11. Relaţii de calcul pentru debitele specifice de evacuat pe diverse surse ale excesului de apă.
12. Particularităţi privind dimensionarea canalelor de drenaj de suprafaţă.
13. Definiţi reţeaua hidrodinamică a drenurilor şi precizaţi tipurile de reţele.
14. Prezentaţi modul de stabilire a adâncimii de pozare.
15. Ipoteza lui Hooghoudt privind calculul distanţei dintre drenuri.
16. Tipuri de reţele de drenuri subterane orizontale.
17. Dimensionarea hidraulică a drenurilor subterane orizontale în condiţiile debitului uniform.
18. Tuburi pentru drenaj.
19. Filtre pentru drenuri.

**BIBLIOGRAFIE**


| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Constantin E., Mărăcineanu Fl. | - | Rolul îmbunătăţirilor funciare în dezvoltarea rurală durabilă, Ed.Cartea Universitară, Bucureşti, 2005 |
| 2 | Ceauşu N. şi col. | - | Îmbunătăţiri funciare, E.D.P., Bucureşti, 1976 |
| 3 | Gheorghiu I.M. | - | Îmbunătăţiri funciare, EDP, Bucureşti, 1964 |
| 4 | Luca E. şi col. | - | Exploatarea sistemelor de îmbunătăţiri funciare, Ed.Risoprint, Cluj Napoca, 2008 |
| 5 | Man T.E. şi colab. | - | Hidroameliorații, Ed.ApriliaPrint, Timişoara, 2007 |
| 6 | Mărăcineanu Fl. | - | Drenaj agricole, USAB-AMC, Bucureşti, 1994 |
| 7 | Measnicov M. | - | Imbunătăţiri funciare, EDP, Bucureşti, 1975 |
| 8 | Nicolau C.şi col. | - | Îmbunătăţiri funciare. EDP, Bucureşti, 1970 |
| 9 | Pleşa I., Cîmpeanu S. | - | Îmbunătăţiri funciare, Ed.Crisbook Universal, Bucureşti, 2001 |
| 10 | Savu P. şi col. | - | Îmbunătăţiri funciare şi irigarea culturilor. Lucrări practice. Ed.Ion Ionescu de la Brad, Iaşi, 2005 |
| 11 | Stăncescu L.şi col. | - | Îndrumător tehnic pentru lucrări de îmbunătăţiri funciare. Ed.Ceres, Bucureşti, 1984 |
| 12 | Wehry A. , Panţu H. | - | Amenajări hidroameliorative, Ed. ApriliaPrint, Timişoara, 2008 |
| 13 | * * * | - | Drainage manuale. A Water Resources Technical Publication, U.S. Department of the Interior. Bureau of reclamation, Denver, Colorado, 1984 |